



**Daniel António da Silva  
da Fonseca**

**A casa de emissões nulas – Estudo conceptual**



**Daniel António da Silva  
da Fonseca**

**A casa de emissões nulas – Estudo conceptual**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Dr. Fernando Neto, Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

A quem me apoiou e incitou a não desistir, à minha noiva, aos meus pais e à minha irmã, um sentido muito obrigado.  
A todos vocês dedico este trabalho.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo**  
Professor associado, departamento de engenharia mecânica, Universidade de Aveiro

vogal

**Prof. Doutor Joaquim José Borges Gouveia**  
Professor catedrático, departamento de economia, gestão e engenharia industrial,  
Universidade de Aveiro

vogal

**Prof. Doutor Fernando José Neto da Silva**  
Professor auxiliar, departamento de engenharia mecânica, Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Ao Prof. Doutor. Fernando Neto, por perceber a dificuldade em conciliar a vida laboral com a académica;

Ao Prof. Doutor. Nelson Martins, pelos esclarecimentos dados;

Ao meu amigo Eng.<sup>o</sup> Francisco Lamas, pelas horas que despendeu comigo,

Sem vocês este trabalho não teria sido possível.

## **palavras-chave**

Energia, sustentabilidade, bioclimática, renováveis.

## **resumo**

O presente trabalho propõe a concepção de uma habitação unifamiliar, com base em arquitectura bioclimática e boas normas de construção, dotada de sistemas de aproveitamento de energias renováveis.

Procurou-se que o balanço entre a energia consumida num ano e a energia produzida nesse mesmo ano seja igual a zero e que as emissões de CO<sub>2</sub> sejam nulas.

Utilizou-se o Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE) como ferramenta para avaliar e optimizar as necessidades energéticas da habitação, para aquecimento, arrefecimento e produção de água quente sanitária.

A habitação foi equipada com um sistema de colectores solares térmicos para produção de água quente sanitária, condição necessária para obter a certificação energética ao abrigo do RCCTE e com um sistema de colectores fotovoltaicos para produção da energia eléctrica necessária, para alimentar os equipamentos e dispositivos de iluminação, o sistema de climatização e o sistema de apoio à produção de água quente sanitária. A opção pelo fotovoltaico surge da entrada em vigor do DL n.º 363/2007 de 2 de Novembro, que veio regulamentar as instalações de microprodução de energia eléctrica através de fontes de energia renováveis e a venda dessa energia à rede pública.

Para fazer estudos de viabilidade económica do sistema de colectores solares térmicos para produção de água quente sanitária e do sistema de painéis fotovoltaicos para produção de energia eléctrica, utilizou-se, respectivamente, o SOLTERM e o RETScreen International.

O resultado obtido mostra que o objectivo principal do projecto foi atingido e as soluções adoptadas são técnica e economicamente viáveis.

**keywords**

Energy, sustainability; bioclimatic, renewable

**abstract**

The present work considers the conception of a self sufficient unifamiliar habitation on the basis of bioclimatic architecture and good norms of construction endowed with systems of exploitation of renewable energies. The project aims at a zero energy balance so that the energy consumed during one year equals the energy produced during that period of time. Hence, CO<sub>2</sub> emissions will become, theoretically, zero.

The Regulation of the Characteristics of Thermal Behaviour of Buildings (RCCTE, in Portuguese) was used as a tool to evaluate and optimize the energy needs considering heating, cooling and sanitary hot water production. The habitation was equipped with a system of thermal solar collectors for production of sanitary hot water which is required to get the energy certification according to the RCCTE and with a system of photovoltaic collectors for production of the necessary electric energy. This energy is used to feed lighting devices, climatization system and the sanitary hot water production supporting system.

The adoption of the photovoltaic results from the incentives provided by the Decree of Law DL n.º 363/2007 from the 2<sup>nd</sup> of November that regulates installations of electric energy microproduction through renewable energy sources and the sale of this energy to the public grid.

SOLTERM and RETScreen software was used to assess the economics of both the thermal solar collectors system for sanitary hot water production and the photovoltaic panels system for production of electric energy.

The obtained results show that the main objective of the project was achieved and that the adoption of these techniques is feasible both economically and technically.

## ÍNDICE

1.	Conceito .....	8
2.	Estado da arte .....	10
2.1.	Alguns estudos realizados .....	10
2.2.	Casal do cônego – Uma casa solar passiva [7] .....	11
2.3.	Edifício INETI – SOLAR XXI [9] .....	12
2.4.	Centro de coordenação operacional da BRISA [9] .....	13
2.5.	MORPHOSIS – San Francisco Federal Building [9] .....	14
2.6.	Solar ARK – SANYO [9] .....	14
2.7.	Cidade zero emissões – Kronsberg, Hannover [11] .....	15
2.8.	Rede Europeia de habitação ecológica [9] .....	15
3.	Tecnologias de geração de energia renováveis .....	16
4.	Energias renováveis passíveis de aplicação no edifício a projectar .....	18
4.1.	Energia solar .....	18
4.1.1.	Solar fotovoltaico .....	19
4.1.1.1.	Tecnologia [14] .....	19
4.1.2.	Solar térmico .....	20
4.1.2.1.	Tecnologia .....	20
	Solar passivo/edifícios .....	24
4.2.	Energia Eólica .....	24
4.2.1.	Tecnologia [18] .....	25
4.3.	Situação em Portugal e na Europa .....	26
4.3.1.	Solar térmico .....	26
4.3.2.	Solar fotovoltaico .....	27
4.3.3.	Solar passivo .....	28
4.3.4.	Energia eólica [19] .....	28
5.	Concepção do edifício .....	31
5.1.	Introdução .....	31
5.2.	Conforto térmico .....	31
5.3.	Considerações gerais .....	33



5.4.	Orientação geográfica.....	34
5.5.	Aspectos construtivos coeficiente de transmissão térmica, U .....	36
5.5.1 .	Paredes exteriores .....	37
5.5.2 .	Pilares e vigas .....	38
5.5.3 .	Cobertura .....	39
5.5.4 .	Pavimento .....	40
5.5.5 .	Paredes interiores .....	41
5.5.6 .	Envidraçados.....	41
5.6.	Planta do edifício .....	42
5.7.	Envidraçados .....	43
5.8.	Alçados do edifício.....	44
5.9.	Envolvente exterior .....	45
5.10.	Cálculo da inércia térmica interior do edifício ( $I_t$ ).....	45
5.11.	Cálculo do factor de forma do edifício (FF).....	46
6.	Certificação energética do edifício .....	47
6.1.	RCCTE – Algumas considerações .....	47
6.2.	RCCTE – Aplicação ao edifício em estudo.....	48
6.2.1 .	Cálculo das necessidades de aquecimento ( $N_{ic}$ ) [20] .....	48
6.2.1.1.	Perdas de calor por condução através da envolvente ( $Q_t$ ) [20] .....	49
6.2.1.2.	Perdas de calor resultantes da renovação do ar ( $Q_v$ ) [20] .....	56
6.2.1.3.	Ganhos de calor por condução através da envolvente ( $Q_{gu}$ ) [20] .....	60
6.2.2 .	Cálculo das necessidades de arrefecimento ( $N_{vc}$ ) [20] .....	66
6.2.2.1.	Ganhos pela envolvente ( $Q_1$ ) .....	67
6.2.2.2.	Ganhos solares através dos envidraçados ( $Q_2$ ) .....	69
6.2.2.3.	Ganhos térmicos internos ( $Q_3$ ).....	72
6.2.2.4.	Cálculo do factor de utilização dos ganhos ( $\eta$ ) .....	72
6.2.3 .	Cálculo das necessidades energéticas para produção de AQS ( $N_{ac}$ ).....	74
6.2.3.1.	Energia dispendida nos sistemas convencionais ( $Q_a$ ) .....	74
7.	Optimização do edifício .....	76
7.1.	Opção 1 – Tecto falso.....	76
7.1.1 .	U da cobertura.....	76
7.1.2 .	Ganhos energéticos obtidos.....	77
7.2.	Opção 2 – Cave não habitada (espaço de ar não ventilado).....	78
7.2.1 .	Ganhos energéticos obtidos.....	78

7.3.	Opção 3 – Sótão não habitado (espaço de ar não ventilado) .....	79
7.3.1 .	Ganhos energéticos obtidos.....	79
7.4.	Opção 4 – Anexar a garagem ao edifício principal.....	80
7.4.1 .	Ganhos energéticos obtidos.....	80
7.5.	Resumo das alterações obtidas com as diferentes opções .....	82
8.	Determinação da opção mais favorável .....	83
9.	Necessidades de energia primária .....	83
10.	Sistema de colectores solares para produção de AQS.....	84
10.1.	Viabilidade económica .....	88
10.2.	Benefícios ambientais.....	89
11.	Necessidades de energia eléctrica .....	89
11.1.	Perfil consumos diários de energia eléctrica .....	90
11.2.	Climatização .....	90
11.3.	Produção de AQS.....	90
11.4.	Consumos eléctricos de Inverno.....	91
11.5.	Consumos eléctricos de Verão .....	92
11.6.	Consumo por tipo no Inverno e no Verão .....	92
11.7.	Perfil diário de consumos eléctricos totais.....	93
12.	Sistema de produção de energia eléctrica .....	94
12.1.	Características do sistema.....	95
12.2.	Viabilidade económica .....	96
13.	Emissões do edifício .....	99
14.	Conclusão .....	100
15.	Sugestões para trabalhos futuros .....	101
16.	Referências .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa casal do cônego [8] .....	11
Figura 2 - Edifício SOLAR XXI [9] .....	12
Figura 3 - Funcionamento da parede de Trombe [10] .....	12
Figura 4 - Edifício da BRISA[9] .....	13
Figura 5 - San Francisco Federal Building [9] .....	14
Figura 6 - Solar ARK – SANYO [9] .....	14
Figura 7 - Edifício Administrativo do Parque das Nações e Pavilhão Atlântico [9] .....	15
Figura 8 - Painéis fotovoltaicos[13] .....	19
Figura 9 - Esquema de um painel fotovoltaico [14] .....	19
Figura 10 - Painéis solares [13] .....	20
Figura 11 - Esquema de um colector solar plano [15] .....	21
Figura 12 - Esquema de um CPC [15] .....	22
Figura 13 - Esquema de colector de tubos de vácuo [16] .....	23
Figura 14 - Pormenor construtivo [9] .....	24
Figura 15 - Torre eólica [13] .....	24
Figura 16 - Esquema de um aerogerador [18] .....	25
Figura 17 - Escala de conforto térmico [21] .....	32
Figura 18 - Implantação do Edifício .....	33
Figura 19 - Localização dos concelhos com clima I1, V1 [22] .....	33
Figura 20 -Percurso do sol em Portugal, ao longo do ano [22] .....	34
Figura 21 - Radiação solar nas fachadas [22] .....	35
Figura 22 - Planta do edifício .....	36
Figura 23 - Tipologia das paredes da envolvente exterior .....	37
Figura 24 - Pormenor das vigas e pilares .....	38
Figura 25 - Pormenor da cobertura .....	39
Figura 26 - Pormenor do pavimento .....	40
Figura 27 - Tipologia da fachada da envolvente interior .....	41
Figura 28 - Pormenor dos envidraçados .....	41
Figura 29 - Planta do edifício .....	42
Figura 30 - Planta da garagem .....	43
Figura 31 - Alçados da habitação .....	44
Figura 32 - Área útil da fachada .....	45
Figura 33 - Zonas climáticas em Portugal segundo RCCTE [20] .....	48
Figura 34 - Pontes térmicas lineares [20] .....	52
Figura 35 - Troca de calor paralelas ao plano do elemento considerado .....	53
Figura 36 - Pormenor dos dispositivos de passagem de ar [26] .....	59

Figura 37 - Esquema da ventilação natural .....	59
Figura 38 - Pormenor do edifício com o tecto falso .....	76
Figura 39 - Pormenor do edifício com tecto falso e cave não habitada .....	78
Figura 40 - Edifício com tecto falso, cave não habitada e sótão não habitado .....	79
Figura 41 - Anexação da garagem ao edifício principal .....	80
Figura 42 - Dados climatológicos para a zona em estudo .....	84
Figura 43 - Especificação do tipo e numero de colectores solares .....	84
Figura 44 - Tipo e capacidade do depósito e tipo de permutador .....	85
Figura 45 - Tipo de sistema de apoio .....	85
Figura 46 - Perfil de consumos de AQS em conformidade com o RCCTE .....	86
Figura 47 - Análise energética para a carga definida .....	86
Figura 48 - Análise de viabilidade económica .....	88
Figura 49 - Benefícios ambientais do sistema projectado .....	89

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do peso da potência eólica no SEN [19] .....	28
Tabela 2 - Peso da energia eólica no consumo total de energia eléctrica em Portugal, em 2006 [19] .....	29
Tabela 3 - Localização da Murtosa no zonamento climático Português [20] .....	33
Tabela 4 - Coeficiente de transmissão térmica (U) da envolvente exterior .....	37
Tabela 5 - Coeficiente de transmissão térmica (U) dos pilares e vigas .....	38
Tabela 6 - Coeficiente de transmissão térmica (U) da cobertura .....	39
Tabela 7 - Coeficiente de transmissão térmica (U) do pavimento .....	40
Tabela 8 - Dimensões úteis do edifício .....	42
Tabela 9 - Envidraçados do edifício .....	43
Tabela 10 - Área efectiva de parede (útil) .....	45
Tabela 11 - Cálculo da inércia térmica do edifício .....	46
Tabela 12 - Perdas pelas paredes em contacto com o exterior e pontes térmica planas .....	53
Tabela 13 - Perdas pela cobertura exterior .....	54
Tabela 14 - Perdas pelos vãos envidraçados .....	54
Tabela 15 - Valores de $\Psi$ para pavimentos isolados em contacto com o solo .....	55
Tabela 16 - Perdas pelo pavimento em contacto com o solo .....	55
Tabela 17 - Perdas provocadas por pontes térmicas lineares .....	55
Tabela 18 - Caudais de ar de admissão e extracção segundo NP 1037 - 1 .....	58
Tabela 19 - Áreas dos dispositivos de admissão e extracção de ar das fachadas, segundo a NP 1037 - 1 .....	58
Tabela 20 - Áreas dos dispositivos de passagem de ar dos compartimentos principais para os de serviço, segundo NP 1037 - 1 .....	58
Tabela 21 - Ganhos térmicos através dos envidraçados .....	63

Tabela 22 - Necessidades nominais de aquecimento máximas ( $N_i$ ).....	64
Tabela 23 - Ganhos úteis totais .....	65
Tabela 24 - Perdas pelas coberturas e envidraçados exteriores no Verão .....	67
Tabela 25 - Perdas térmicas totais na estação de arrefecimento .....	68
Tabela 26 - Ganhos solares pela envolvente opaca, devido à incidência de radiação .....	69
Tabela 27 - Factor de obstrução ( $F_s$ ) dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento .....	70
Tabela 28 - Ganhos solares através dos vãos envidraçados .....	71
Tabela 29 - Ganhos térmico internos.....	72
Tabela 30 - Ganhos térmicos totais do edifício, na estação de arrefecimento .....	72
Tabela 31 - Factor de utilização dos ganhos térmicos.....	72
Tabela 32 - Necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc}$ ).....	73
Tabela 33 - Necessidades energéticas para produção de AQS .....	75
Tabela 34 - Coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) da cobertura.....	77
Tabela 35 - Erro introduzido por considerar o tecto falso uma camada estanque.....	78
Tabela 36 - $U$ da parede dupla da garagem com o edifício principal.....	80
Tabela 37 - Resumo das necessidades energéticas para cada opção .....	83
Tabela 38 - Necessidades energéticas da opção mais eficiente .....	83
Tabela 39 - Consumos eléctricos diários .....	90
Tabela 40 - Consumo do sistema de AC .....	90
Tabela 41 - Consumo do sistema de apoio para produção de AQS.....	90
Tabela 42 - Consumos eléctricos de Inverno.....	91
Tabela 43 - Consumos eléctricos de Verão .....	92
Tabela 44 - Consumo eléctrico horário para climatização .....	93
Tabela 45 - Consumo eléctrico horário para produção de AQS .....	93
Tabela 46 - Consumo eléctrico diário e hora de pico.....	93
Tabela 47 - Consumo mensal de energia eléctrica (kWh/ano).....	94
Tabela 48 - Características do sistema fotovoltaico .....	95
Tabela 49 – En.....	95
Tabela 50 - Indicadores de viabilidade económica do projecto .....	98
Tabela 51 - Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas por ano .....	99

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo de energia eléctrica em Portugal [3] .....	9
Gráfico 2 - Consumo por sector (Portugal/2005) [1] .....	9
Gráfico 3 - Potência instalada em Portugal em 2005 por FER [1] .....	16
Gráfico 4 - Área de colectores instalado anualmente em Portugal [13].....	26
Gráfico 5 – Distribuição dos consumos energéticos nas habitações Portuguesas [3].....	27

Gráfico 6 - Evolução da energia eólica em Portugal em 2006 [19].....	29
Gráfico 7 - Distribuição do nº de parque por potência instalada [19].....	29
Gráfico 8 - Emissão de energia eólica 2005 e 2006 [19].....	30
Gráfico 9 - Contribuição do solar térmico para as necessidades mensais de AQS.....	87
Gráfico 10 - Parcela de energia solar térmica nas necessidades anuais de AQS.....	87
Gráfico 11 - Consumos de energia eléctrica no Inverno.....	91
Gráfico 12 - Consumos de energia eléctrica no Verão.....	92
Gráfico 13 - Consumo por tipo no Inverno e no Verão.....	92
Gráfico 14 - Consumo mensal de energia eléctrica (kWh/ano).....	94
Gráfico 15 - Energia produzida e energia consumida pela habitação.....	96
Gráfico 16 - Recuperação de investimento para tarifa de €650/MWh (RETScreen International).....	97
Gráfico 17 - Recuperação de investimento para tarifa de €617,5/MWh (RETScreen International).....	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

1. Verificação RCCTE Ed_base.....	105
2. Verificação RCCTE Opção_1.....	118
3. Verificação RCCTE Opção_2.....	131
4. Verificação RCCTE Opção_3.....	143
5. Verificação RCCTE Opção_4.....	157
6. Perfil consumos diários Inverno.....	171
7. Perfil consumos diários Verão.....	174
8. Simulação RETScreen_PV.....	177
9. Análise financeira para os primeiros 10MW nacionais.....	181
10. Análise financeira dos 10MW aos 20MW nacionais.....	182

## 1. CONCEITO

É finalidade deste trabalho conceber uma casa que seja auto-suficiente em termos energéticos, ou seja, que no balanço energético feito num ano de consumos, a energia produzida é maior ou igual à energia consumida. Para isto será apresentada uma habitação unifamiliar com aspectos construtivos baseados na arquitectura bioclimática, bem como uma série de soluções tecnológicas que permitirão a auto-suficiência da mesma.

A auto-suficiência da habitação vai basear-se em energia produzida através de fontes de energia renováveis, de maneira a garantir que o edifício não contribui com emissões de CO<sub>2</sub> para o ambiente.

Em 2005, importámos 87,2% da energia que consumimos e destes, 58,7% é energia derivada do petróleo, uma parcela que pode ser diminuída pois, fruto da sua localização geográfica, Portugal apresenta grande potencial energético se explorar a energia endógena ao seu alcance, isto é, a energia que recebe diariamente do sol, do vento, das ondas do mar e da biomassa. [1]

Ao construir um edifício, deve ter-se a preocupação de o tornar eficientemente energético, contribuindo para isso uma série de factores e conceitos bastante simples, aplicados por vezes de forma isolada e que se forem conjugados podem levar a uma redução de cerca de 30% nas nossas necessidades energéticas: [2]

- Construir os edifícios com uma boa orientação solar;
- Fachadas, coberturas, pavimentos e envidraçados bem isolados permitem reduzir as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento;
- A utilização de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária e aquecimento ambiente;
- Maximizar o aproveitamento da luz natural e utilizar lâmpadas mais eficientes;

Se forem utilizadas outras energias renováveis como o solar fotovoltaico e a energia eólica, podemos produzir grande parte (ou mesmo a totalidade) da energia que necessitamos.

Os ganhos são imensos, não só económicos, mas também ambientais pois estamos a reduzir as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera e a contribuir para atingir as metas a que Portugal se propôs no âmbito do protocolo de Quioto. A maior parte da energia usada provém de combustíveis fósseis como o carvão, o gás e o petróleo cujas reservas têm vindo a diminuir e cuja utilização intensiva aumenta a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global do planeta, aumentando o efeito de estufa. [2]

Para garantir uma evolução sustentável é urgente reduzir as necessidades energéticas provenientes dos combustíveis fósseis, apostando em energias renováveis, mas sobretudo é necessário otimizar o consumo energético, quer otimizando os edifícios em fase de construção, quer alterando os hábitos diários em relação ao consumo de energia.

O consumo energético em Portugal tem vindo a aumentar nos últimos anos, sendo que o sector da habitação representou, em 2005, cerca de 17% do consumo energético total. [3]

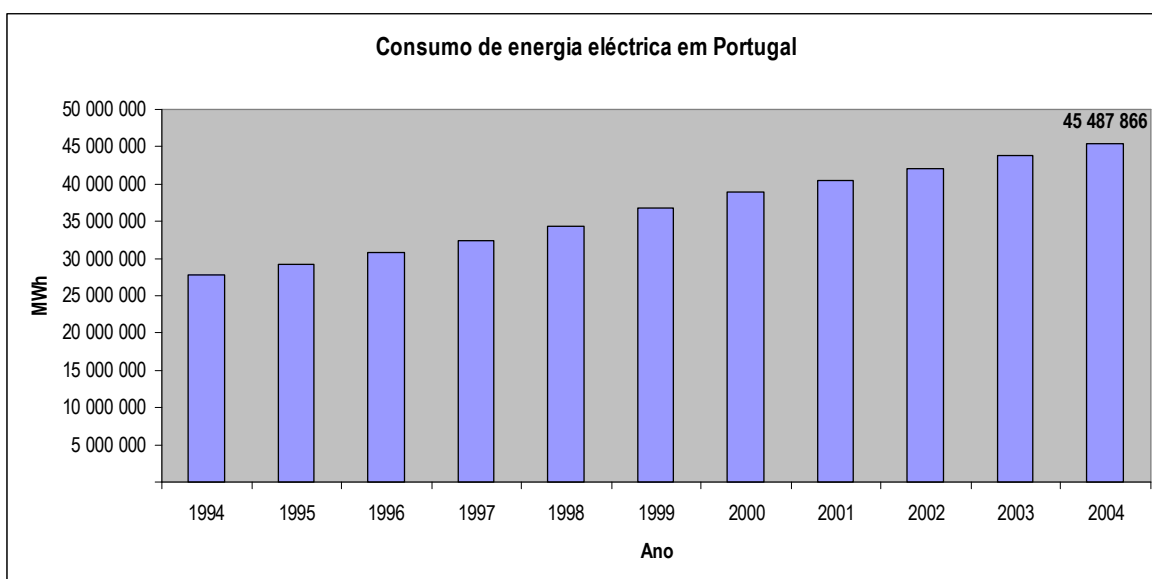


Gráfico 1 - Consumo de energia eléctrica em Portugal [3]

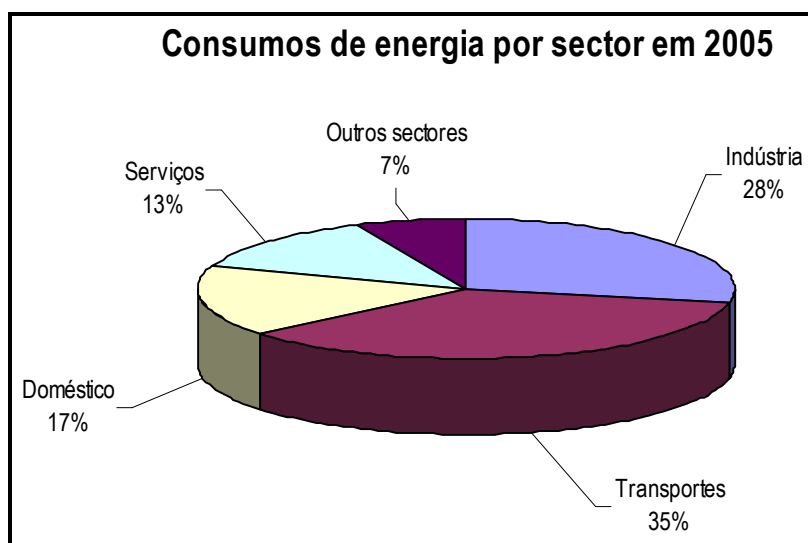


Gráfico 2 - Consumo por sector (Portugal/2005) [1]



É com base nestes níveis de consumo, na necessidade de assegurar o protocolo de Quioto, na sustentabilidade e na preocupação ambiental que se encontra motivação para este trabalho.

## **2. ESTADO DA ARTE**

Neste capítulo será feita uma apresentação de alguns estudos e trabalhos realizados no âmbito da construção de edifícios auto-suficientes, em Portugal e no resto do mundo.

### **2.1. ALGUNS ESTUDOS REALIZADOS**

Ao longo dos anos, foram feitos alguns estudos que avaliaram as medidas para melhorar a eficiência energética dos edifícios.

Em Portugal, Silva e Almeida (2003), estudaram as diferentes soluções construtivas e avaliaram o seu impacto económico e energético. Avaliaram a eficiência energética de cada uma das soluções e fizeram um estudo simples para verificar ao fim de quanto tempo existe recuperação de capital, quando a opção recai numa solução termicamente melhorada. Este estudo permitiu concluir que um determinado número de soluções energeticamente mais eficientes (vidros duplos, isolamento pelo exterior, paredes duplas com isolamento), permitiriam uma redução de cerca de 45% em relação à solução construtiva exigida por lei. Concluíram ainda que a recuperação do investimento era feita em 14 anos, para um tempo de vida do edifício de 50 anos. [4]

Na Grécia, Balaras et al. (2007), elaboraram uma metodologia para redução das emissões de CO<sub>2</sub> em edifícios residenciais na Grécia. Os autores mostraram que as medidas que mais contribuem para esta redução são o isolamento térmico das paredes exteriores (redução de 33 a 60% da energia de aquecimento), a instalação de vidros duplos (redução de 14 a 20% da energia de aquecimento), a colocação de sombreamento exterior (redução de 10 a 20% da energia de aquecimento), a instalação de colectores solares para produção de água quente sanitária (redução de 50 a 80% da energia consumida em AQS) e a instalação de lâmpadas mais eficientes (redução de 60% da energia de iluminação). [5]

Na Turquia, Çakmanus (2007), estudou a eficiência energética de um edifício de serviços em Ankara, para demonstrar que é possível reduzir o consumo energético dos edifícios se forem implementadas soluções que usam a energia de uma forma mais eficiente. Com este estudo concluiu que pode haver uma redução de cerca de 47% do consumo total de energia do edifício. A substituição dos vidros por vidros duplos com caixilharia com corte térmico e dispositivos de

sombreamento, reduz em 10% o consumo total de energia do edifício, com um “pay-back” de 5,2 anos. [6]

## 2.2. CASAL DO CÓNEGO – UMA CASA SOLAR PASSIVA [7]



Figura 1 - Casa casal do cónego [8]

A casa do Casal do Cónego foi implantada em Leiria e trata-se de uma casa rural construída em 1982.

Na época e sem recurso a software de simulação, o projecto foi apoiado pelas normas e literatura existentes e o seu dimensionamento foi todo feito manualmente. Na fase de construção, os projectistas depararam-se com dificuldades a nível da instalação da caixilharia, dos vidros duplos e assegurar uma boa vedação em caixilharia de madeira.

A casa foi habitada em 1983 e o seu comportamento térmico foi acompanhado desde o Verão desse ano. Os resultados obtidos no Verão superaram as expectativas, mas na estação fria, os resultados não foram os esperados. A casa estava a ser habitada apenas por uma pessoa e existiam algumas imperfeições na construção e nos equipamentos instalados (lareira).

Para que uma habitação solar passiva tenha êxito, o seu projecto, a construção e a utilização, são três factores fundamentais a ter em conta.

### 2.3. EDIFÍCIO INETI – SOLAR XXI [9]



Figura 2 - Edifício SOLAR XXI [9]

Localizado no Lumiar, em Lisboa, este edifício está repleto de soluções de aproveitamento de energias renováveis.

A sua fachada virada a sul está coberta de painéis fotovoltaicos, com mais um conjunto de painéis sobre o parque de estacionamento, que vão fornecer energia eléctrica para cerca de 70% das necessidades do edifício.

Os painéis fotovoltaicos da fachada virada a sul, funcionam também como paredes de trombe, pois a energia acumulada no ar entre o painel e a parede, serve para aquecer a sala adjacente, através de duas aberturas na parede.

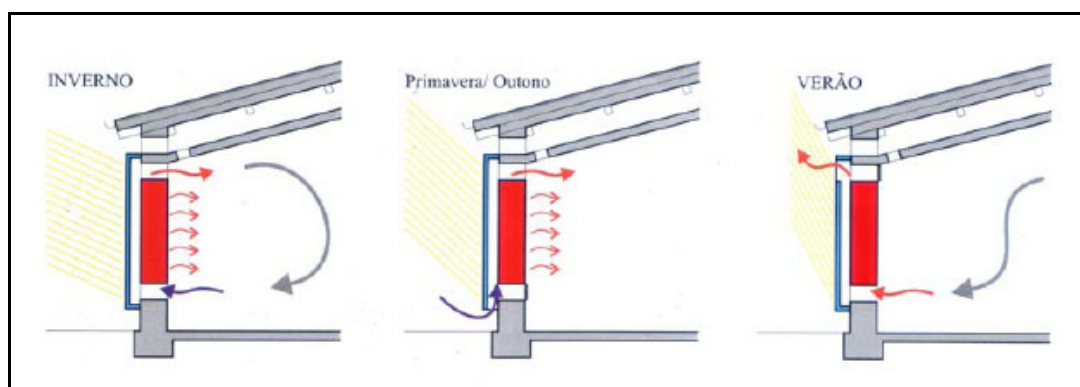


Figura 3 - Funcionamento da parede de Trombe [10]

O arrefecimento do edifício é assegurado com recurso a um conjunto de tubos enterrados no solo, que injectam para o edifício ar fresco. As entradas de ar podem ser controlada em cada sala, individualmente, por cada utilizador do edifício.

#### 2.4. CENTRO DE COORDENAÇÃO OPERACIONAL DA BRISA [9]



Figura 4 - Edifício da BRISA[9]

O edifício caracteriza-se por ter integrado na sua arquitectura, uma grande área de colectores solares, nas três fachadas expostas à radiação.

As necessidades energéticas de climatização, são sobretudo de arrefecimento, devido ao calor dissipado pelos sistemas informáticos que nele se encontram instalados. Foi adoptado um sistema de arrefecimento por ciclo de absorção, com recurso a energia solar.

A sala de operações (com 450 m<sup>2</sup> e um pé direito de 9 m), armazena uma grande massa de ar quente junto à cobertura, que pode provocar radiação de calor, causando sensações de desconforto aos seus ocupantes. Para ultrapassar este problema, foi adoptado um sistema de arrefecimento da laje da cobertura, através do ar rejeitado pelo edifício, ou através do ar exterior, em função das suas temperaturas.

## 2.5. MORPHOSIS – SAN FRANCISCO FEDERAL BUILDING [9]

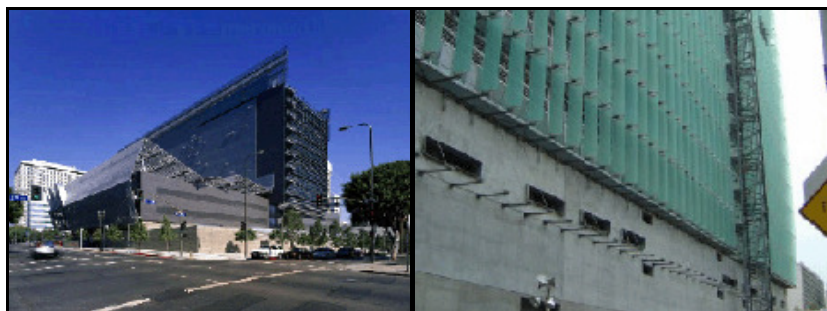


Figura 5 - San Francisco Federal Building [9]

Situado na cidade de São Francisco, nos Estados Unidos, este edifício tem a particularidade de alterar a transparência das suas fachadas, em consonância com a radiação recebida do sol.

As suas fachadas têm painéis de alumínio perfurado que abrem e fecham mecanicamente, protegendo o interior da radiação solar. A sua fachada virada a sul é toda coberta com células fotovoltaicas, que produzem cerca de 5% da energia do edifício.

O edifício foi construído em betão, em detrimento do aço que é o normalmente utilizado neste tipo de edificações, para tirar partido das possibilidades da ventilação natural.

A maioria dos espaços tem acesso à luz solar directa, reduzindo drasticamente o consumo de electricidade e mais de 70% do edifício é arrefecido por meios de ventilação natural.

## 2.6. SOLAR ARK – SANYO [9]



Figura 6 - Solar ARK – SANYO [9]

Este edifício, com 31,6 m de altura e um comprimento de 315 m, tem 5046 painéis solares fotovoltaicos, que geram 530000kWh por ano, o equivalente a uma poupança de 128610 litros de petróleo por ano.



A sua fachada é composta por mais de 77200 leds vermelho, verdes e azuis, que podem criar imagens de alta definição, com 1/7 da energia utilizada num painel convencional de néon.

O edifício tem ainda dois lagos e mantém a água limpa através de um sistema que não adiciona químicos à água. O sistema electriza a água para produzir ácido hipoclorídrico, que garante uma água limpa, isenta de bactérias nocivas para a saúde pública.

## **2.7. CIDADE ZERO EMISSÕES – KRONSBURG, HANNOVER [11]**

Projectada em 2005/06 e em fase de construção, em Hannover, a cidade zero emissões é composta por trezentas novas habitações, cujas necessidades energéticas assentam em fontes de energia renováveis e na arquitectura solar passiva.

## **2.8. REDE EUROPEIA DE HABITAÇÃO ECOLÓGICA [9]**

A rede Europeia de habitação ecológica visa a disseminação das tecnologias e dos conceitos envolvidos na arquitectura sustentável.

São considerados edifícios exemplares em Portugal, pela sua eficiência energética, o edifício Administrativo do Parque das Nações e o Pavilhão Atlântico, cujas medidas de eficiência energética de que dispõem, reduziram em cerca de 50% os seus gastos energéticos.



Figura 7 - Edifício Administrativo do Parque das Nações e Pavilhão Atlântico [9]

Também no Parque das Nações merece destaque a Torre Verde, um edifício residencial bioclimático, cujas soluções adoptadas permitiram a redução de cerca de 80% dos consumo energéticos e asseguraram altos níveis de conforto térmico aos seus ocupantes, durante todo o ano.

Do conjunto de soluções adoptadas, referem-se as seguintes:

- Todos os fogos têm orientação a Sul;
- Isolamento térmico contínuo pelo exterior;
- Vidros duplos de grande espessura;

- Palas e estores exteriores;
- Paredes de Trombe no alçado Sul.

### 3. TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEIS

Em 2005, as energias renováveis representaram 12,8% do consumo total de energia primária em Portugal, contra 14,3% em 2004 (são ainda muito dependentes do potencial hídrico existente).

Apesar disso, a potência instalada em FER (fontes de energia renováveis), tem vindo a aumentar nos últimos anos para produção de energia eléctrica. [1]

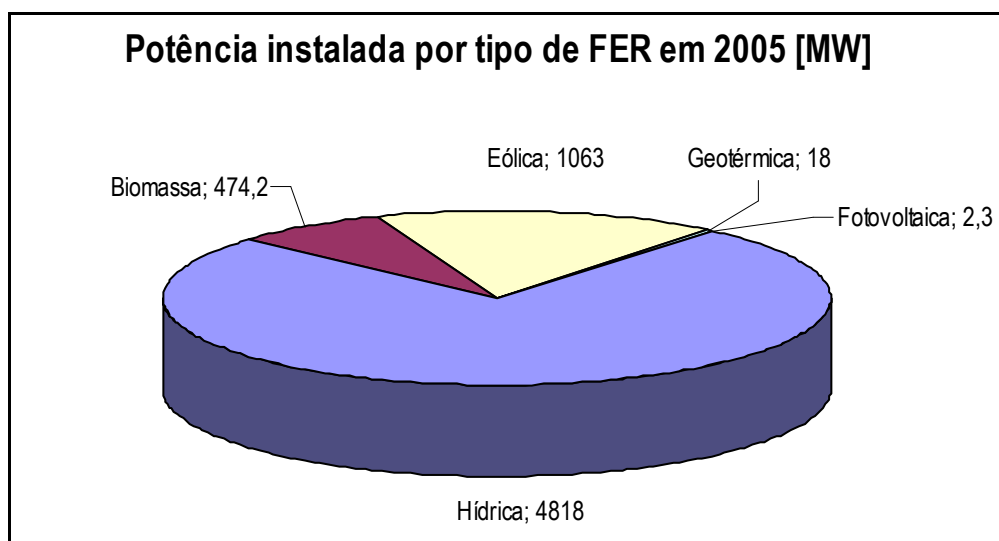


Gráfico 3 - Potência instalada em Portugal em 2005 por FER [1]

Tendo sido fixada a estratégia nacional para a energia (resolução do conselho de ministros nº 169/2005) surgiram as novas metas para as energias renováveis: [1][12]

- Energia eólica - 5600 MW de capacidade instalada em 2010;
- Energia hídrica – 5575 MW de capacidade instalada em 2010;
- Biomassa – 330 MW de capacidade instalada em 2010;
- Solar – Garantir os 150 MW de energia fotovoltaica;
- Ondas – 250 MW através da criação de uma zona piloto;
- Biocombustíveis – 10% dos combustíveis rodoviários provenientes de biocombustíveis em 2010;
- Biogás – 100 MW de potência instalada em 2010;
- Micro-geração – Instalação de 50000 sistemas de micro-geração (AQS – água quente sanitária) até 2010;

Com este conjunto de metas, pretende-se que passe de 39% para 45%, a produção de energia através de FER, em 2010.

A comprovar a crescente preocupação de Portugal em cumprir o acordo de Quioto, e a incentivar a produção e utilização de energias renováveis em Portugal, está a legislação aprovada pelo estado, em 2006, relativamente a esta matéria.

- Decreto-Lei n.º 29/2006, de 15 de Fevereiro – redesenha o Sistema Eléctrico Nacional (SEN);
- Decreto-Lei n.º 30/2006, de 15 de Fevereiro – cria o Sistema Nacional de Gás Natural (SNGN);
- Decreto-Lei n.º 31/2006, de 15 de Fevereiro – estabelece as bases gerais de organização e funcionamento do Sistema Petrolífero Nacional;
- Decreto do Presidente da República n.º 29/2006, de 23 de Março – ratifica o acordo para a constituição do Mercado Ibérico de Electricidade (MIBEL), assinado por Portugal e Espanha em Santiago de Compostela, em 1 de Outubro de 2004, e aprovado pela Resolução da Assembleia da República n.º 23/2006, de 19 de Janeiro de 2006;
- Decreto-Lei n.º 62/2006, de 21 de Março – aprova o regime jurídico de promoção da utilização de biocombustíveis e de outros combustíveis renováveis e da sua integração no mercado dos combustíveis;
- Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de Março – cria o Fundo Português de Carbono;
- Decreto-Lei n.º 72/2006, de 24 de Março – altera o regime jurídico do comércio de licenças de emissão;
- Decreto-Lei n.º 90/2006, de 24 de Maio – define as regras para a afectação de custos relativos ao diferencial entre o custo da energia eléctrica produzida em regime ordinário e o tarifário da produção em regime especial;
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 85/2006, de 30 de Junho – autoriza as mudanças na estrutura societária da Rede Eléctrica Nacional (REN);
- Decreto-Lei n.º 140/2006, de 26 de Julho – estabelece o regime jurídico das várias actividades do SNGN e definiu o calendário de abertura do mercado de gás natural;
- Decreto-Lei n.º 176/2006, de 23 de Agosto – fixa as regras de acesso e de exercício das actividades incluídas no Sistema Eléctrico Nacional (SEN);



- Decreto-Lei n.º 237-B/2006, de 18 de Dezembro – estabelece as regras aplicáveis à recuperação e transmissibilidade do défice tarifário e dos ajustamentos tarifários no Sistema Eléctrico Nacional (SEN);
- Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro – estabelece as bases gerais de organização e funcionamento do Sistema Eléctrico Nacional (SEN), classificando a produção de electricidade em regime ordinário e em regime especial.

## **4. ENERGIAS RENOVÁVEIS PASSÍVEIS DE APLICAÇÃO NO EDIFÍCIO A PROJECTAR**

### **4.1. ENERGIA SOLAR**

O sol é um recurso praticamente inesgotável que emite constantemente energia para a superfície terrestre, sob forma de radiação, que pode ser absorvida ou reflectida pelos elementos que a recebem.

A radiação solar atinge a superfície terrestre com uma potência média de cerca de  $1000 \text{ W/m}^2$  e é constituída por três componentes:

- Radiação directa – Atinge directamente a superfície terrestre;
- Radiação difusa – Desviada em diferentes direcções pelos componentes da atmosfera;
- Radiação reflectida – Proveniente da reflexão no solo e objectos circundantes.

A energia fornecida anualmente pelo sol para atmosfera terrestre está avaliada em cerca de  $1,5 \times 10^{18} \text{ kWh}$ , ou seja, 10000 vezes o consumo mundial de energia verificado nesse período de tempo.

Este potencial de aproveitamento pode ser utilizado nas mais diversas aplicações, seja para aquecer e iluminar edifícios, aquecer água de piscinas e fornecimento de água quente sanitária.[13]

#### 4.1.1 . SOLAR FOTOVOLTAICO



Figura 8 - Painéis fotovoltaicos[13]

Os sistemas fotovoltaicos produzem energia eléctrica com elevada fiabilidade, e a sua manutenção é baixa, limitando-se essencialmente ao sistema de acumulação de energia no caso dos sistemas autónomos. São também conhecidas as vantagens ambientais deste tipo de sistemas, que não emitem gases de efeito de estufa e não produzem ruído. [13]

##### 4.1.1.1. TECNOLOGIA [14]

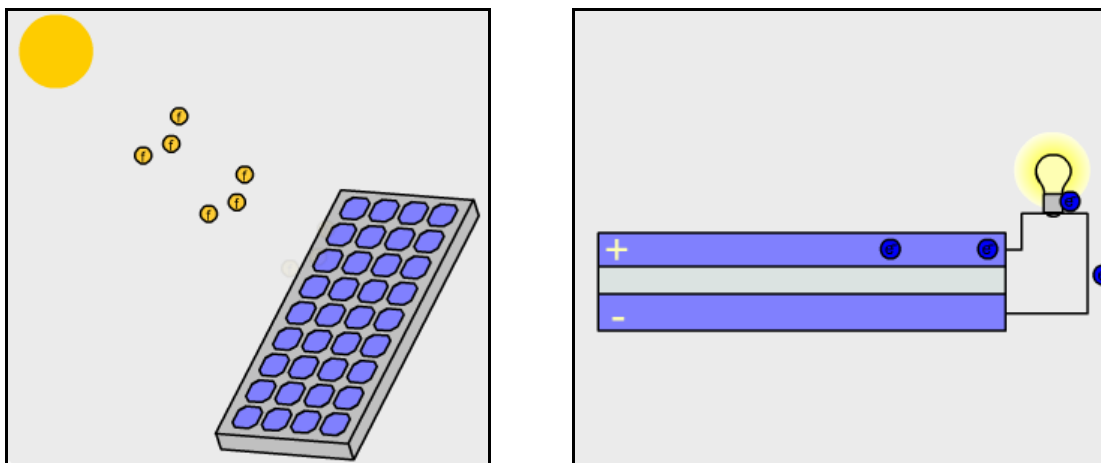


Figura 9 - Esquema de um painel fotovoltaico [14]

Quando os fotões, provenientes dos raios solares, incidem nas células dos painéis fotovoltaicos e os átomos que as compõem, libertam electrões devido à energia transportada pelos fotões, que formam uma corrente eléctrica.

As células dos painéis fotovoltaicos são fabricadas com materiais semicondutores e cada célula é composta por uma camada positiva e outra negativa, criando um campo electromagnético.

#### 4.1.2 . SOLAR TÉRMICO



Figura 10 - Painéis solares [13]

As tecnologias de conversão da energia solar em energia térmica têm desenvolvimentos distintos em função das gamas de temperatura necessárias. Para as aplicações que requerem baixas temperaturas (até 90°C), tipicamente para aquecimento de água, existe uma tecnologia bem desenvolvida e madura – colectores estacionários, planos ou do tipo CPC de baixa concentração. [13]

São normalmente utilizados para aplicações de produção de água quente sanitária, aquecimento ambiente ou aquecimento de água de piscinas.

O solar térmico também possibilita a produção de energia eléctrica, através de painéis concentradores de energia. São espelhos que reflectem e concentram a radiação solar num determinado ponto e aquecem um fluido no interior de uma tubagem. O fluido transforma-se em vapor e alimenta uma turbina que vai gerar energia eléctrica, seguindo um ciclo termodinâmico convencional.

##### 4.1.2.1. TECNOLOGIA

##### Colectores planos [15]

Um colector plano é formado pela cobertura transparente, a placa absorsora e uma caixa isolada para evitar as perdas de calor. À placa absorvente solda-se uma serpentina de tubos pelos quais circula o fluido térmico.

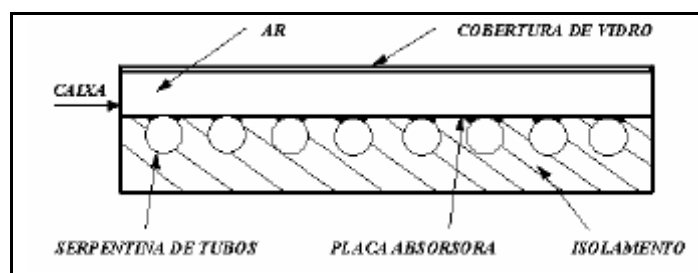


Figura 11 - Esquema de um coletor solar plano [15]

As coberturas transparentes devem ter uma boa transparência (cerca de 90%), provocar o efeito de estufa e reduzir as perdas por convecção, melhorando o rendimento do coletor. Têm que assegurar a estanqueidade do coletor à água e ao ar e por isso devem resistir à pressão do vento, ao peso do gelo, da neve e aos choques térmicos.

Os materiais mais utilizados são o vidro e alguns tipos de acrílicos.

A placa absorvora tem como missão receber a energia, transformá-la em calor e transmiti-la ao fluido térmico, podendo ser de vários tipos:

- Duas placas metálicas separadas alguns milímetros entre as quais circula o fluido (lâmina de água);
- Tipo denominado Roll-Bond. Estes painéis são formados por duas placas de cobre/alumínio unidas por pressão a quente. O circuito é desenhado com resina e nesse sítio as placas não soldam. O líquido circula nesse circuito “impresso”.
- Placa metálica absorvora, sobre a qual estão soldados os tubos.
- Absorvedores de plástico (polipropileno), usados quase exclusivamente em aquecimento de piscinas.

O isolamento posterior situa-se entre a caixa e o absorvora para reduzir as perdas de calor por condução.

Pode ser utilizado qualquer um dos tipos de isolamento existentes no mercado, que possuam uma elevada resistência térmica.

A missão da caixa é proteger do vento, da chuva, da poeira, suportar os diversos elementos do coletor, devendo ser estanque às entradas de ar e água, resistente à corrosão e assegurar a união com a estrutura de suporte, através dos elementos de fixação necessários.

### **Colector parabólico composto (CPC) [15]**

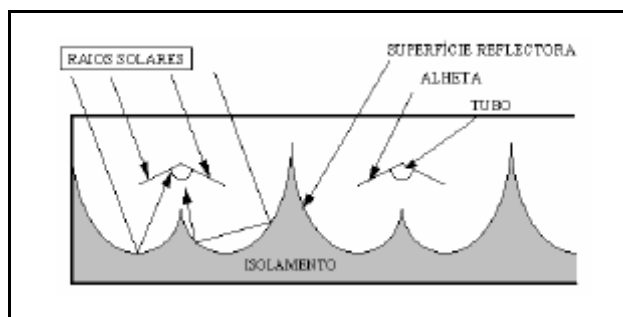


Figura 12 - Esquema de um CPC [15]

A diferença fundamental relativamente a um colector plano convencional é a geometria da superfície absorsora.

Nos CPCs a área absorsora é constituída por duas alhetas unidas a um tubo e colocadas em cima de uma superfície reflectora. A captação solar realiza-se nas duas faces das alhetas e as perdas térmicas são reduzidas.

O Sol incide na parte superior das alhetas e na superfície parabólica reflectora. Os raios são reflectidos e incidem na parte inferior das alhetas ou directamente no tubo, contribuindo para aquecer ainda mais o fluido térmico.

As perdas de calor são reduzidas porque a área de absorção é menor que num colector plano, pois é constituída só pela superfície das alhetas, implicando uma melhoria do rendimento térmico. Por outro lado, a inércia térmica do colector é inferior e a temperatura nominal de funcionamento é atingida mais rapidamente. A zona situada entre a superfície reflectora e a caixa é preenchida com isolamento para evitar as perdas de calor pela parte inferior.

### Colector com tubos de vácuo [16]

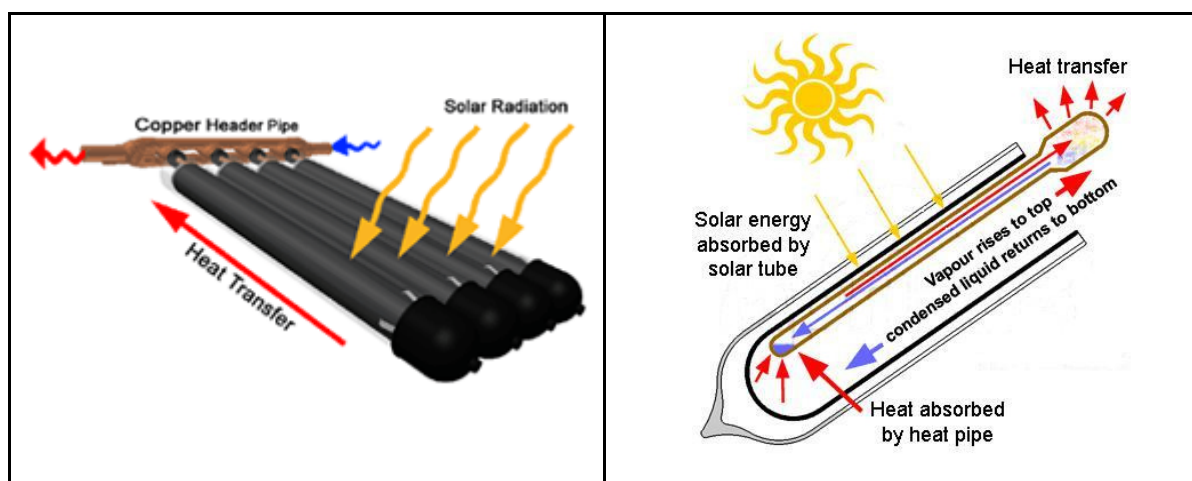


Figura 13 - Esquema de colector de tubos de vácuo [16]

No interior do tubo de vácuo existe um tubo em cobre (heat pipe) cujo interior possui água destilada e aditivos especiais. O interior do tubo de cobre está também em despressurizado. Como é conhecido, o ponto de ebulição da água é de 100 °C ao nível do mar. O ponto de ebulição tem uma relação directa com a pressão (quanto menor a pressão, menor a temperatura a que a água entra em ebulição). O tubo interior faz uso deste interessante princípio. A sua pressão interior é regulada para que o ponto de ebulição seja atingido aos 30°C.

Desta forma, quando se atinge 30°C no interior do tubo, a água vaporiza e sobe até ao ponto mais alto do tubo, onde se localiza o condensador (heat transfer). A água fria passa pelos vários condensadores do colector solar absorvendo assim o calor fornecido por estes e desta forma produz-se a água quente. O calor libertado pelo condensador faz baixar a sua temperatura interior fazendo com que o vapor de água se condense e, por gravidade, volte à posição inicial na parte inferior do tubo, criando-se assim um ciclo de transferência de calor.

## SOLAR PASSIVO/EDIFÍCIOS

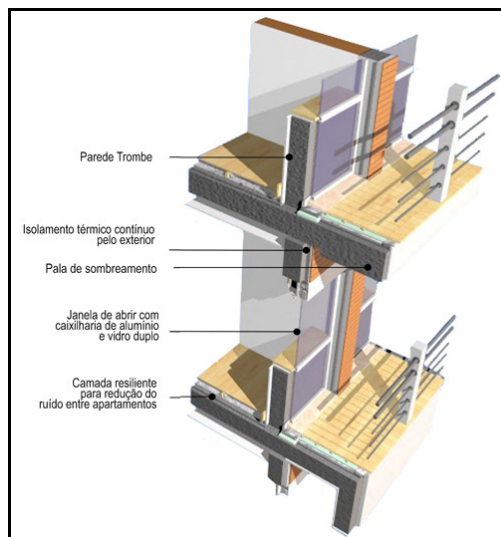


Figura 14 - Pormenor construtivo [9]

O sector dos edifícios tem um peso relevante na economia Portuguesa. É muito importante actuar de maneira a torná-los energeticamente mais eficientes, introduzindo aspectos construtivos na fase de projecto, de forma a maximizar o aproveitamento das fontes de energia renováveis.

Outros dos aspectos importantes, são a qualidade das fachadas, o isolamento do edifício e a sua orientação geográfica, que optimizados poderão fazer com que se atinja as condições de conforto térmico com necessidades energéticas ainda menores. [13]

O projecto de um edifício passa a ser multidisciplinar, de maneira a que todas estas medidas possam ser estudadas de forma preliminar, com possibilidade de serem optimizadas, com a certeza de que a sua implementação vai trazer vantagens estéticas, energéticas e económicas.

## 4.2. ENERGIA EÓLICA



Figura 15 - Torre eólica [13]

O vento pode ser considerado uma forma de energia solar, pois tem como origem o desigual aquecimento da atmosfera pelo sol. As turbinas eólicas são animadas pelo vento e alimentam um gerador que transforma a energia mecânica em energia eléctrica.

As turbinas eólicas são instaladas em locais onde o vento tem maior velocidade, pois a energia produzida aumenta com a velocidade do vento e são instaladas em grupo (parques eólicos). A energia que produzem é então injectada na rede e distribuída aos consumidores finais.

A energia eólica é uma energia limpa e inesgotável. Por cada MW de energia eólica, são reduzidas entre 0,8 a 0,9 toneladas de emissões de gases com efeito de estufa, que seria produzida pela utilização de combustíveis fósseis na produção de energia eléctrica. [17]

#### 4.2.1 . TECNOLOGIA [18]

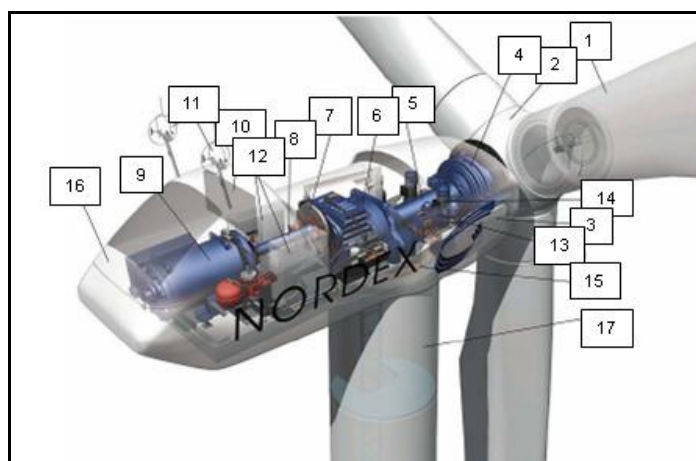


Figura 16 - Esquema de um aerogerador [18]

Legenda: 1 – pás do rotor; 2 – cubo do rotor; 3 – cabina; 4 – chumaceira do rotor; 5 – veio do rotor; 6 – caixa de velocidades; 7 – travão de disco; 8 – veio do gerador; 9 – gerador; 10 – radiador de arrefecimento; 11 – anemómetro e sensor de direcção; 12 – sistema de controlo; 13 – sistema hidráulico; 14 – mecanismo de orientação direccional; 15 – chumaceira do mecanismo de orientação direccional; 16 – cobertura da cabina; 17 – torre.

O princípio de funcionamento de um aerogerador engloba dois processos de conversão, possíveis através dos seguintes componentes: o rotor, que aproveita a energia cinética do vento e a converte em energia mecânica e o gerador que converte a energia mecânica em electricidade.

O aerogerador é constituído por uma torre metálica com uma altura que pode ir de 25 a 80 m e por turbinas com duas ou três pás, com diâmetros aproximados à altura dos postes. As turbinas de última geração têm uma capacidade de produção de energia de 1.6-2 MW, encontrando-se em fase de teste turbinas de 5 MW. A velocidade mínima do vento necessária para entrarem em funcionamento ronda os 10-15 km/h e a velocidade de cruzeiro é de 50-60 km/h. Em caso de mau



tempo as pás e o rotor são automaticamente travados quando a velocidade do vento for superior a 90 km/h podendo suportar velocidades de 200 km/h sem sofrer danos.

### 4.3. SITUAÇÃO EM PORTUGAL E NA EUROPA

#### 4.3.1 . SOLAR TÉRMICO

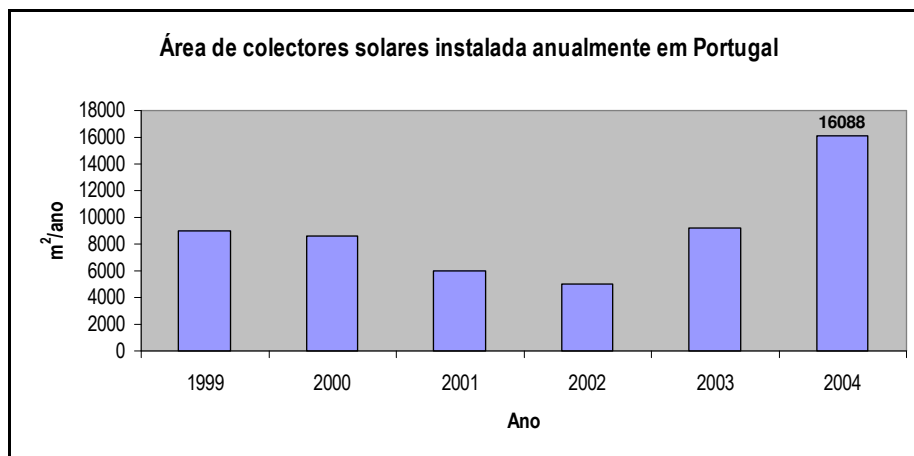


Gráfico 4 - Área de colectores instalado anualmente em Portugal [13]

Devido à sua localização geográfica, Portugal apresenta-se numa posição privilegiada para aproveitamento deste recurso, dispondo por ano de um numero médio de horas de sol que varia entre as 2200 e as 3000 em Portugal continental e entre as 1700 e as 2200 nos Açores e na Madeira, respectivamente.

A Europa domina a tecnologia de produção de energia solar há algum tempo e a meta que se propôs atingir, de 100 milhões de m² de colectores até 2010, conta com o esforço dos governos ao criarem incentivos fiscais na instalação de colectores para produção de energia. A par disto, algumas cidades estabeleceram regulamentos municipais exigindo a instalação de sistemas solares que produzam energia suficiente para garantir 60% do consumo de edifícios de serviços e habitações. [17]

A evolução da tecnologia dos colectores solares, a redução do seu preço de fabrico e o aparecimento dos colectores concentradores contribuem para que se preveja que em 2025, a energia eléctrica proveniente de sistemas solares, atinja os 100 mil MW à escala mundial.

O Regulamento das características de comportamento térmico de edifícios (RCCTE), obriga a que sejam instalados em todas as habitações novas e em grandes remodelações, colectores para

produção de água quente sanitária, que representa uma pesada fatia nos consumos energéticos habitacionais.

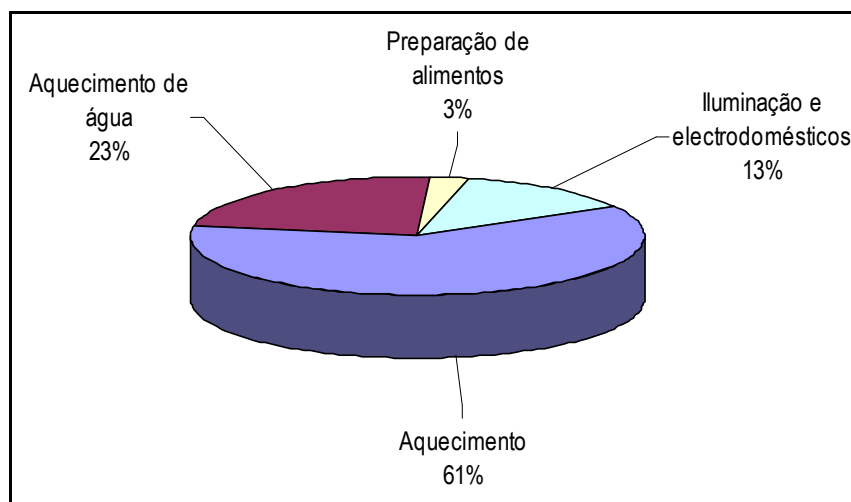


Gráfico 5 – Distribuição dos consumos energéticos nas habitações Portuguesas [3]

Os 23% de energia consumida em AQS correspondem a aproximadamente 4% da energia primária consumida em Portugal, daí este tipo de aplicação ser o que revela maior potencial imediato para a utilização do sol como produtor de energia. [17]

#### 4.3.2 . SOLAR FOTOVOLTAICO

Em termos de potência instalada a nível mundial, o solar fotovoltaico leva já cerca de 3,5GW, com um crescimento no ano de 2004 de 45% em relação ao instalado em 2003.

Em Portugal, o fotovoltaico não tem crescido significativamente, em 2003 existiam apenas 2MW instalados e a maior parte são de sistemas isolados sem ligação à rede pública.

O compromisso para 2010 situa-se nos 150 MW de capacidade fotovoltaica.

Prevê-se que no futuro sejam as instalações ligadas à rede as que mais vão aumentar, uma vez que são o alvo preferencial dos investidores. [17]

Com a instalação, em Serpa, de uma central fotovoltaica constituída por 52 mil painéis fotovoltaicos, representando uma potência instalada de 11 MW e em Moura, da maior central fotovoltaica do mundo, com uma potência instalada de 62 MW, Portugal fica com uma potência instalada de 93 MW fotovoltaicos, para os 150MW assumidos em 2010.

### 4.3.3 . SOLAR PASSIVO

A eficiência energética de edifícios, quando tida em conta na fase de projecto, permite grandes poupanças energéticas.

Em Portugal existem dois regulamentos (RCCTE e RSECE), que foram alvo de revisão em 2006, que vão de encontro à necessidade da certificação energética de edifícios. Este processo, começado em 2006 e que deverá estar operacional em 2008, vai permitir catalogar os edifícios com etiquetas de eficiência energética, à semelhança do o que se vê nos electrodomésticos. Assim será possível identificar o nível da qualidade térmica de um edifício e o seu compromisso na redução do consumo de energia e das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. [17]

### 4.3.4 . ENERGIA EÓLICA [19]

A energia eólica já atingiu o seu estado de maturação, assumindo-se como uma forma de energia economicamente rentável.

Pode-se dizer que a tecnologia eólica é fiável, o seu aproveitamento é rentável e o seu impacto no consumo eléctrico nacional, já se começa a fazer sentir.

Portugal comprometeu-se a instalar uma capacidade de 3750 MW até 2010. Com esta potência instalada, prevê-se, em 2010, uma produção energética de 8250 GWh proveniente de centrais eólicas.

Em Portugal, durante 2006 entraram em actividade 36 parques eólicos, um crescimento de 60% em relação a 2005, representando uma potência instalada de 1513 MW, correspondente a 137 parques. [19]

A potência eólica instalada representa 14% do total da capacidade instalada no sistema energético nacional, sensivelmente o dobro do verificado no final de 2005.

Tabela 1 - Evolução do peso da potência eólica no SEN [19]

<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
4,4%	8.5%	14.4%



Gráfico 6 - Evolução da energia eólica em Portugal em 2006 [19]

Os parques eólicos existentes em Portugal vão desde potências instaladas de 0,5 MW até 108 MW. No gráfico seguinte mostra-se o número de parques por potência instalada.

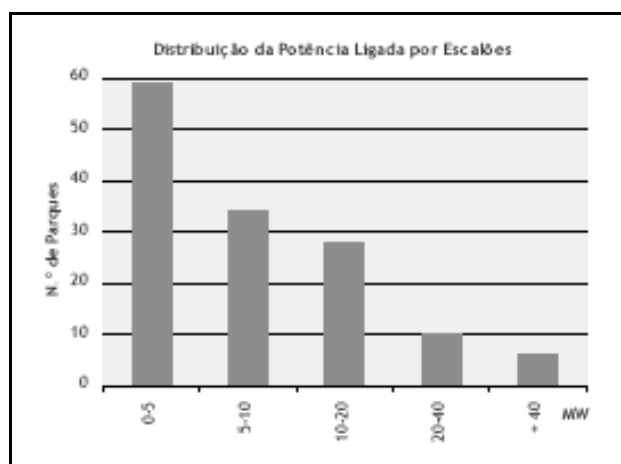


Gráfico 7 - Distribuição do nº de parque por potência instalada [19]

Em 2006, o peso da energia eólica no consumo total de energia eléctrica em Portugal foi de cerca de 6%, tendo como mês de maior produção o mês de Outubro com cerca de 391 GWh entregues à rede. Relativamente a 2005, o crescimento foi de cerca de 68%.

Tabela 2 - Peso da energia eólica no consumo total de energia eléctrica em Portugal, em 2006 [19]

2004	2005	2006
1,7%	3.6%	5,9%

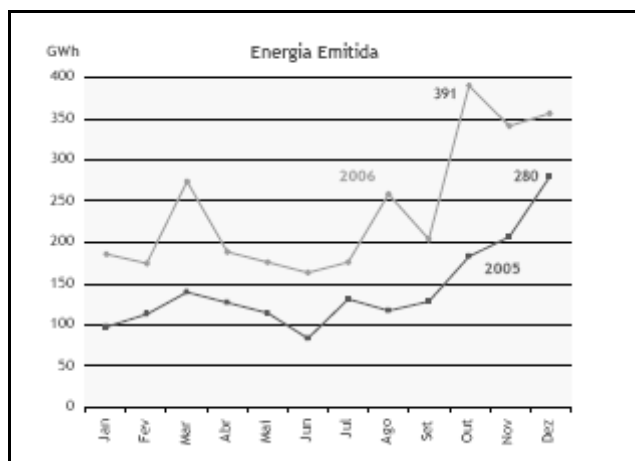


Gráfico 8 - Emissão de energia eólica 2005 e 2006 [19]

A principal desvantagem deste tipo de energia, reside no facto de estar fortemente dependente da velocidade do vento e por isso, ser extremamente volátil.

Devido a isso, em 2006, tivemos dias em que a variação entre a potência mínima e máxima foi de 900 MW e mesmo em dias contíguos se verificam diferenças na ordem dos 15 GWh.

Esta volatilidade sugere a necessidade de se introduzir sistemas de regularização e armazenamento da energia produzida, para suprir necessidades nas alturas de menor produção de energia.

Das pesquisas efectuadas não foram encontradas referências que permitissem fazer uma avaliação da viabilidade de aplicações isoladas de torres eólicas, com vista a produzir energia para consumo directo.

## **5. CONCEPÇÃO DO EDIFÍCIO**

### **5.1. INTRODUÇÃO**

A presente memória descritiva refere-se ao projecto de estudo das características de comportamento térmico de uma moradia unifamiliar.

A moradia vai ser concebida tendo em conta a sua eficiência energética, baseada em aspectos construtivos e arquitectura bioclimática. Pretende-se que satisfaça as condições estabelecidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), D.L. nº 80/2006, de modo a assegurar um nível de conforto térmico elevado.

O RCCTE foi o primeiro instrumento legal que impôs requisitos no projecto de novos edifícios e grandes remodelações de maneira a salvaguardar as necessidades de conforto térmico, sem a utilização excessiva de energia, quer no Verão, quer no Inverno. Visa também garantir uma boa qualidade do ar interior, diminuindo a possibilidade de ocorrência de patologias derivadas das condensações superficiais e no interior dos elementos da envolvente.

Portugal comprometeu-se a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> ao subscrever o protocolo de Quioto e o RCCTE vem regulamentar um sector com grande peso no consumo de energia em Portugal, de maneira a que os objectivos propostos se tornem alcançáveis.

Para o consumidor, os benefícios surgem na percepção que tem da poupança de energia que os edifícios construídos sob esta norma permitem. Começa a haver preocupações com os isolamentos dos edifícios e a ser obrigatória a energia solar (ou outra renovável) para produção de água quente sanitária (AQS)[20]

### **5.2. CONFORTO TÉRMICO**

O conforto térmico está integrado no conforto ambiental, do qual também faz parte o conforto visual (incluindo a psicodinâmica das cores), conforto acústico e qualidade do ar. O estudo do conforto térmico está estreitamente ligado com as áreas de Engenharia e Arquitectura, por serem as responsáveis pela concepção e criação dos ambientes nos quais o homem passa grande parte de sua vida.

O organismo humano pode ser comparado a uma "máquina térmica", a qual gera calor quando executa algum trabalho. O calor gerado pelo organismo deve ser dissipado para o ambiente de modo que não aumente nem diminua a temperatura interna do corpo. Como o homem é um ser

homotérmico, deve manter a temperatura corporal praticamente constante (37 °C). Esses desequilíbrios ocasionados entre a geração e a dissipação do calor pelo organismo podem ocasionar sensações desconfortáveis.

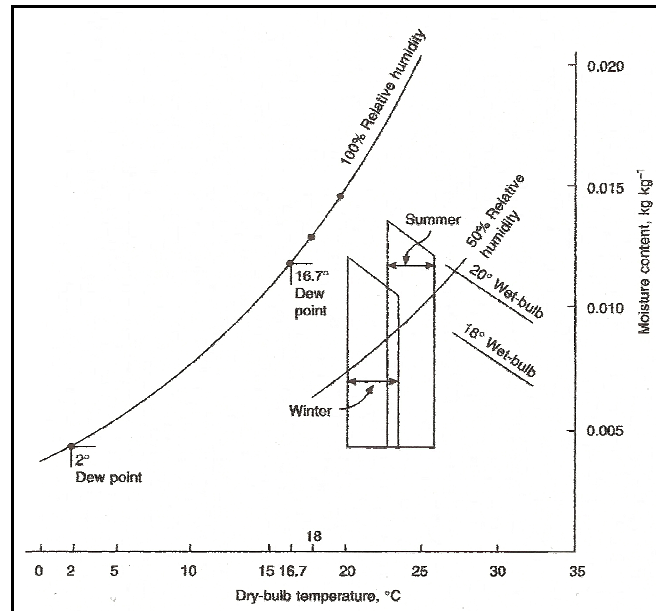


Figura 17 - Escala de conforto térmico [21]

Na figura anterior estão esquematizadas as zonas de conforto térmico, para Inverno e Verão, em relação à temperatura ambiente e humidade relativa.

Se as condições forem tais que permitam o posicionamento dentro daquelas áreas, considera-se que estão reunidas as condições de conforto térmico.

### 5.3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O edifício a construir será implantado na Rua Guerra Junqueiro, freguesia do Monte, concelho da Murtosa, com o seu alçado principal orientado para Norte.

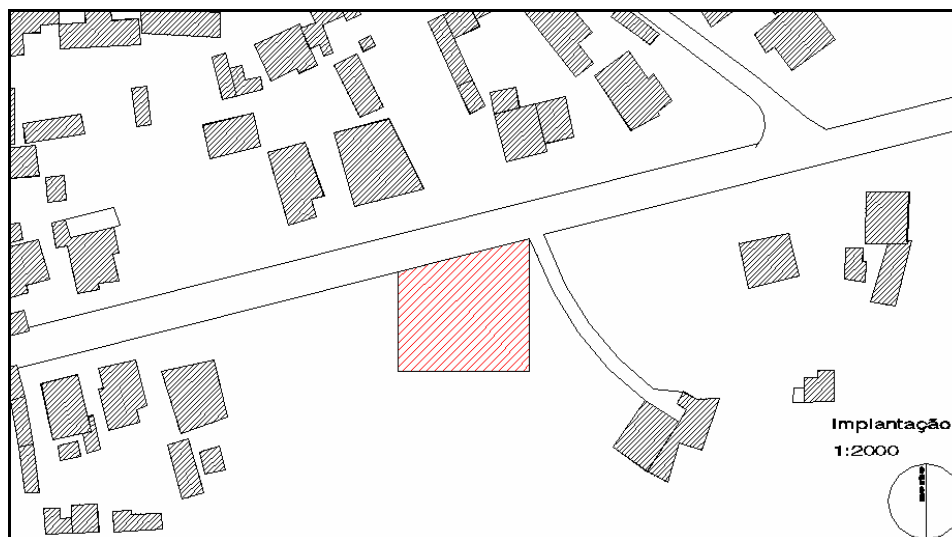


Figura 18 - Implantação do Edifício

O concelho da Murtosa está inserido na zona climática I1, V1 (Quadro III.I, RCCTE).

Tabela 3 - Localização da Murtosa no zonamento climático Português [20]

Mortágua .....	I <sub>1</sub>	1 460	6,7	V <sub>2</sub>	32	12
Moura .....	I <sub>1</sub>	1 310	5,7	V <sub>3</sub>	37	18
Mourão .....	I <sub>1</sub>	1 290	5,7	V <sub>3</sub>	37	18
Murça .....	I <sub>1</sub>	2 550	7,3	V <sub>1</sub>	33	17
Murtosa.....	I <sub>1</sub>	1 400	6,3	V <sub>1</sub>	28	8
Nazare .....	I <sub>1</sub>	1 480	6,3	V <sub>1</sub>	28	9
Nelas .....	I <sub>2</sub>	1 770	7,3	V <sub>2</sub>	33	15
Nisa .....	I <sub>2</sub>	1 520	6,3	V <sub>3</sub>	35	15
Óbidos .....	I <sub>1</sub>	1 370	5,7	V <sub>1</sub>	28	8
Odemira .....	I <sub>1</sub>	1 240	5,7	V <sub>1</sub>	31	13
Odivelas .....	I <sub>1</sub>	1 320	5,7	V <sub>2</sub>	32	11

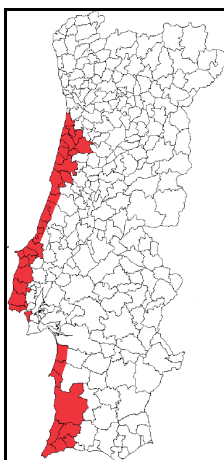


Figura 19 - Localização dos concelhos com clima I1, V1 [22]



## 5.4. ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA

Na fase de projecto de um edifício, torna-se importante orientá-lo geograficamente de maneira a obter maior aproveitamento da radiação solar (na estação de aquecimento, Inverno) e a evitar a sua entrada no edifício na estação de arrefecimento (Verão). Para que isto seja possível é muito importante conhecer o percurso que o sol faz ao longo do dia, nas diferentes estações do ano. É nesta fase que se tem em conta as palas de sombreamento do próprio edifício e o efeito de sombreamento causado por edifícios vizinhos e pela vegetação. [22]

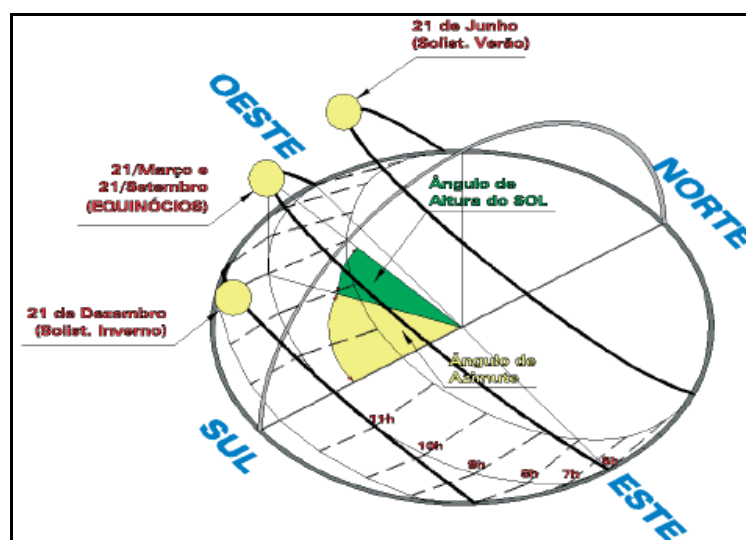


Figura 20 -Percurso do sol em Portugal, ao longo do ano [22]

No solstício de Inverno (21 de Dezembro), o sol nasce sensivelmente na orientação Sudeste e põe-se na orientação Sudoeste, variando o ângulo do azimute do nascer e do pôr-do-sol com a latitude do lugar. É neste dia que o ângulo de altura do sol é o mais baixo de todo o ano.

Nos equinócios de 21 de Março e Setembro, o Sol nasce exactamente na orientação Este e põe-se na orientação Oeste, atingindo um ângulo de altura intermédio.

No Solstício de Verão (21 de Junho), o sol nasce sensivelmente na orientação Nordeste e põe-se na Orientação Noroeste, variando o ângulo com a latitude do lugar. É neste dia que o ângulo de altura do sol é o mais elevado de todo o ano.

É com base neste percurso do sol que se deve orientar as fachadas do edifício e definir a localização dos vão envidraçados, a sua dimensão e o tipo de vidro e caixilharia que se escolhe.

Verifica-se que uma fachada virada a Sul, é a que recebe maior quantidade de radiação solar ao longo do ano, mas também é a mais fácil de proteger (recurso a palas de sombreamento ou vegetação de folha caduca), devido ao ângulo de altura do sol que é máximo nesta localização, no Verão.

As fachadas viradas a Este e Oeste são fachadas com incidência de radiação intermédia e a fachada virada a Norte será a que recebe menor quantidade de radiação solar e tipicamente a mais fria. [22]

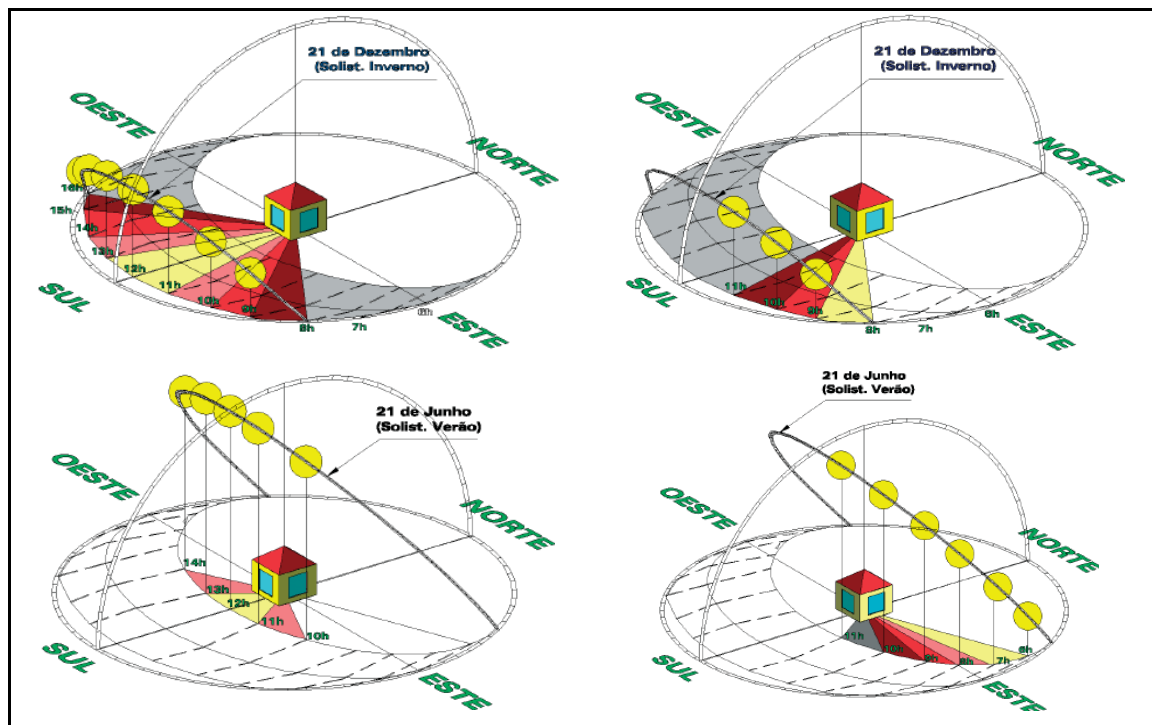


Figura 21 - Radiação solar nas fachadas [22]

No Inverno, uma fachada orientada a Norte não recebe radiação directa do sol, ao contrário de uma fachada orientada a Sul, que, devido ao ângulo de altura do sol ser baixo, recebe uma grande quantidade de radiação directa. Fachadas orientadas a Este e Oeste recebem alguma radiação directa, nos períodos do início da manhã e fim da tarde, respectivamente, devido ao nascer do sol se dar a Sudeste e o ocaso ocorrer a Sudoeste.

No Verão, as fachadas a Norte continuam a ser as menos afectadas pela radiação directa do sol, as fachadas orientadas a Este e Oeste recebem grande quantidade da radiação directa do sol, em virtude de este nascer a Nordeste e pôr-se a Noroeste. Nas fachadas orientadas a Sul, como o ângulo de altura do sol é elevado, se os vão envidraçados forem dotados de pequenas palas de sombreamento, evita-se a entrada da radiação solar directa. [22]

Assim, para o edifício em estudo, foi definida a seguinte orientação geográfica:

- A Norte, fachadas com vãos envidraçados de pequena área e garagem;
- A Sul a sala e a suite, com vãos envidraçados de grande área;
- A Este os quartos, com vãos envidraçados de área média;
- A Oeste a cozinha, com vãos envidraçados de área média.

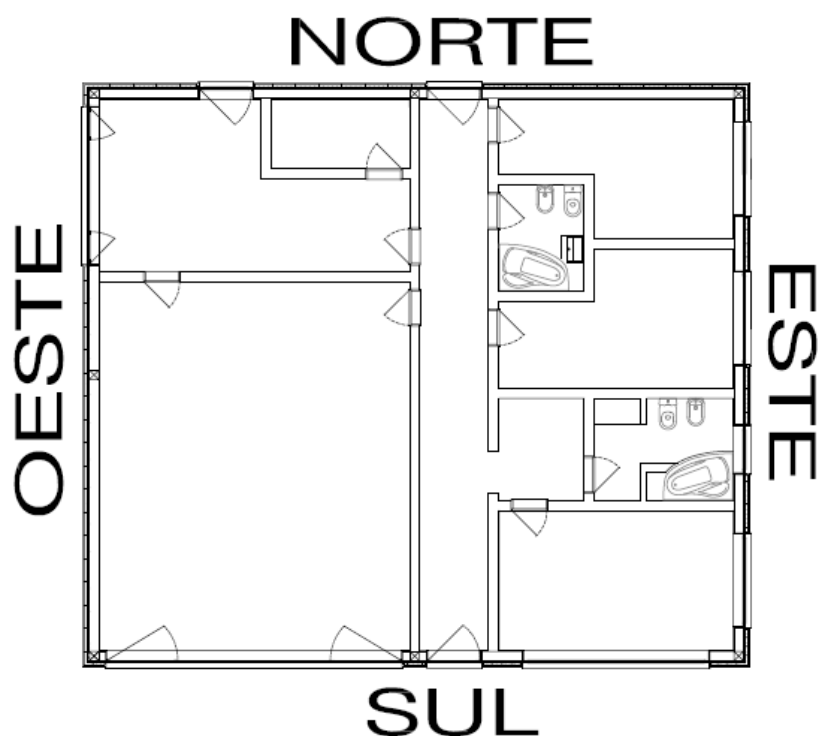


Figura 22 - Planta do edifício

### 5.5. ASPECTOS CONSTRUTIVOS COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA, U

Para o cálculo de U [W/m<sup>2</sup>.°C], optou-se por fazer o cálculo manual dos coeficientes para as diferentes constituições dos elementos construtivos, com a seguinte metodologia,

$$(1) \quad R = \frac{d}{\lambda}$$

Com:

R – Resistência térmica do elemento [m<sup>2</sup>.°C/W]

d – Espessura do elemento [m]

λ – Condutibilidade térmica do elemento [W/m.°C]

e

$$(2) \quad U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_i + R_{se}}$$

Com:

U – Coeficiente de transmissão térmica [W/m<sup>2</sup>.°C]

R<sub>i</sub> – Resistência térmica do elemento i [m<sup>2</sup>.°C/W]

R<sub>si</sub> – Resistência térmica superficial interior [m<sup>2</sup>.°C/W]

R<sub>se</sub> – Resistência térmica superficial exterior [m<sup>2</sup>.°C/W]

### 5.5.1 . PAREDES EXTERIORES

As paredes que compõem a envolvente exterior, são paredes simples de fachada (tijolo furado) com isolamento pelo exterior, com espaço de ar fortemente ventilado (conseguido através de aberturas na base e no topo do revestimento exterior) e revestimento exterior independente.

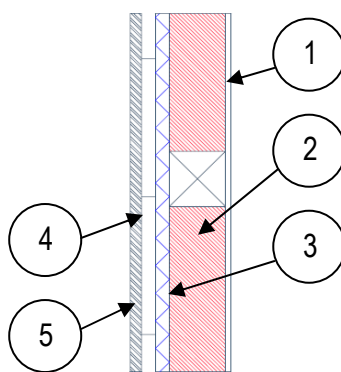


Figura 23 - Tipologia das paredes da envolvente exterior

1. Reboco (argamassa);
2. Tijolo furado;
3. Isolante XPS (25-40);
4. Caixa-de-ar fortemente ventilada;
5. Revestimento exterior;

Tabela 4 - Coeficiente de transmissão térmica (U) da envolvente exterior

		d (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m2.°C/W)	Rsi (m².°C/W)	Rse (m².°C/W)	U (W/m².°C)
Parede exterior	1	0,020	1,300	0,015	0,130	0,130	<b>0,414</b>
	2	0,200		0,520			
	3	0,060	0,037	1,622			
	4						
	5						

A resistência térmica do tijolo obtém-se directamente do ITE50 (Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios), pois trata-se de um elemento homogéneo.

Como a fachada é um elemento de construção vertical que inclui um espaço de ar fortemente ventilado com ar exterior, a resistência térmica superficial exterior é igual à resistência térmica superficial exterior. Além disso consideram-se desprezáveis as resistências térmicas do espaço de ar fortemente ventilado e do revestimento exterior. [23]

### 5.5.2 . PILARES E VIGAS

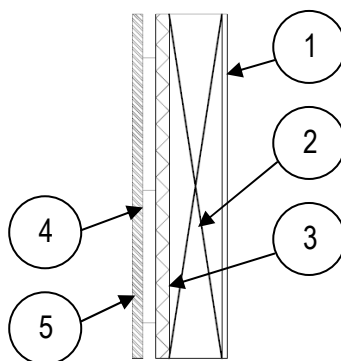


Figura 24 - Pormenor das vigas e pilares

1. Reboco (argamassa);
2. Betão normal;
3. Isolante XPS (25-40);
4. Caixa-de-ar fortemente ventilada;
5. Revestimento exterior;

Tabela 5 - Coeficiente de transmissão térmica (U) dos pilares e vigas

		d (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m2.°C/W)	Rsi (m².°C/W)	Rse (m².°C/W)	U (W/m².°C)
Pilar e Viga	1	0,020	1,300	0,015	0,130	0,130	0,498
	2	0,220	2,000	0,110			
	3	0,060	0,037	1,622			
	4						
	5						

Como as vigas e pilares são elementos de construção que incluem um espaço de ar fortemente ventilado com ar exterior, a resistência térmica superficial exterior é igual à resistência térmica

superficial exterior. Além disso consideram-se desprezáveis as resistências térmicas do espaço de ar fortemente ventilado e do revestimento exterior. [23]

### 5.5.3 . COBERTURA

A cobertura do edifício em estudo é invertida em terraço, sendo a laje de tecto em betão, com isolamento térmico pelo exterior.

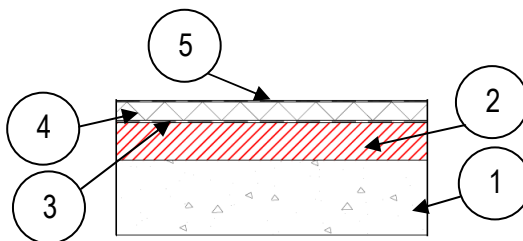


Figura 25 - Pormenor da cobertura

1. Laje em betão normal;
2. Camada de regularização (argamassa);
3. Tela de impermeabilização;
4. Isolante XPS (25-40);
5. Tela geotêxtil;

Tabela 6 - Coeficiente de transmissão térmica (U) da cobertura

		d (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	R <sub>si</sub> (m <sup>2</sup> .°C/W)	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
Pilar e Viga	1	0,200	2,000	0,100	0,100	0,040	<b>0,328</b>
	2	0,050	1,300	0,038			
	3	0,005	0,140	0,036			
	4	0,100	0,037	1,622			
	5	0,005	0,140	0,036			

### 5.5.4 . PAVIMENTO

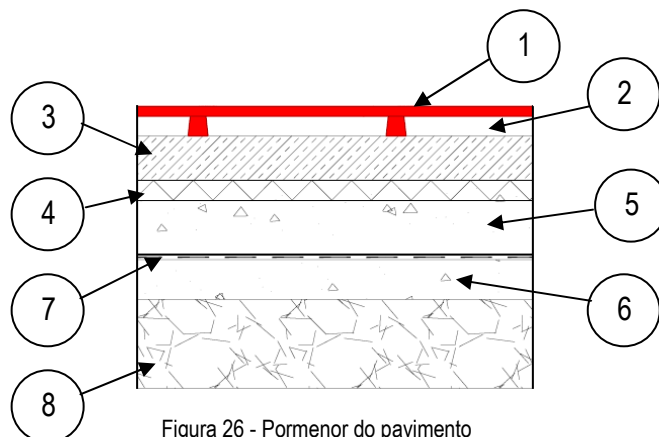


Figura 26 - Pormenor do pavimento

1. Soalho madeira (muito densa);
2. Caixa-de-ar não ventilada;
3. Camada de regularização (argamassa);
4. Isolante XPS (25-40);
5. Laje em betão normal;
6. Tela de impermeabilização;
7. Camada em betão normal;
8. Camada de brita;

Tabela 7 - Coeficiente de transmissão térmica (U) do pavimento

		d (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m².°C/W)	R <sub>si</sub> (m².°C/W)	R <sub>se</sub> (m².°C/W)	U (W/m².°C)
Pavimento	1	0,020	0,290	0,069	0,170	0,000	<b>0,294</b>
	2	0,040		0,208			
	3	0,050	1,300	0,038			
	4	0,100	0,037	1,622			
	5	0,100	2,000	0,050			
	6	0,005	0,140	0,036			
	7	0,080	2,000	0,040			
	8	0,180	2,000	0,090			

A resistência da camada de ar não ventilada é obtida directamente do ITE50 e foi obtida por interpolação entre os dois valores tabelados. A resistência térmica superficial exterior é igual a zero porque o pavimento está em contacto directo com o solo.

### 5.5.5 . PAREDES INTERIORES

As paredes interiores são paredes simples com revestimento em ambos os lados (não é necessário o coeficiente de transmissão térmica U).

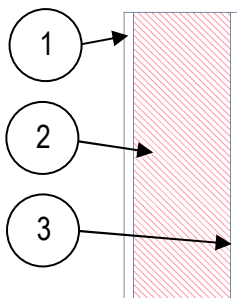


Figura 27 - Tipologia da fachada da envolvente interior

1. Reboco;
2. Tijolo furado;
3. Reboco.

### 5.5.6 . ENVIDRAÇADOS

A caixilharia será em alumínio com corte térmico e levará vidro duplo. O pano envidraçado exterior será incolor e terá uma espessura de 6 mm, enquanto que o pano interior será incolor e terá 4 mm de espessura. A caixa-de-ar terá 8 mm ( $U=2,1 \text{ W/m}^2\text{C}^1$ ). A protecção dos envidraçados será realizada exteriormente por portadas de madeira de cor clara e terão palas tipo “toldo” (permite a recolha no Inverno).



Figura 28 - Pormenor dos envidraçados

---

<sup>1</sup> Valor retirado do ITE50 (LNEC)



## 5.6. PLANTA DO EDIFÍCIO

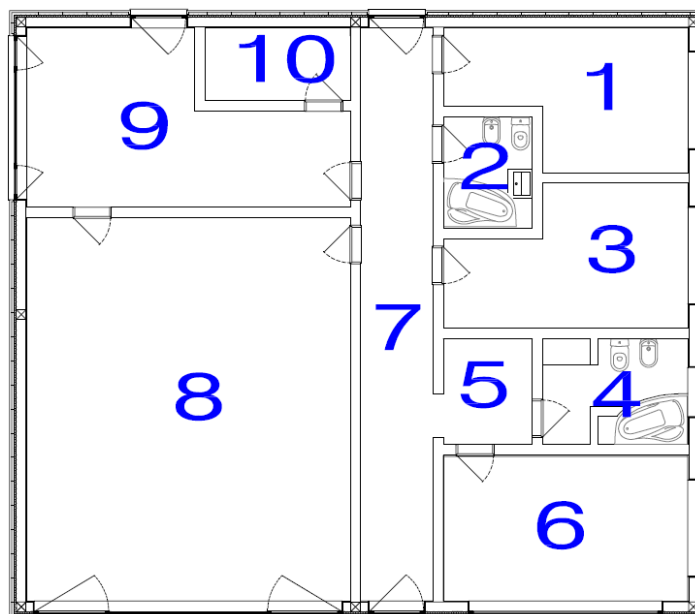


Figura 29 - Planta do edifício

O edifício é constituído por 10 divisões distintas, com 181,44 m<sup>2</sup> de área coberta e 3,35m até ao topo da platibanda. As dimensões úteis do edifício e identificação das divisões são as que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 8 - Dimensões úteis do edifício

	Designação	Área (m <sup>2</sup> )	Pé direito (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
1	Quarto_1	12,40	2,75	34,10
2	WC_principal	4,20	2,75	11,55
3	Quarto_2	12,80	2,75	35,20
4	WC_suite	6,50	2,75	17,87
5	Escritório	4,00	2,75	11,00
6	Suite	15,30	2,75	42,07
7	Corredor	17,70	2,75	48,67
8	Sala	53,00	2,75	145,75
9	Cozinha	19,30	2,75	53,07
10	Lavandaria	4,50	2,75	12,37
<b>Total</b>		<b>149,70</b>		<b>411,67</b>

O edifício tem ainda uma garagem, separada do corpo principal, com 28,43 m<sup>2</sup> de área coberta, dos quais 23,93 m<sup>2</sup> são de área útil. Tem uma altura de 3,35 m até à platibanda, um pé direito de 2,75 m e um volume útil de 65,81 m<sup>3</sup>.

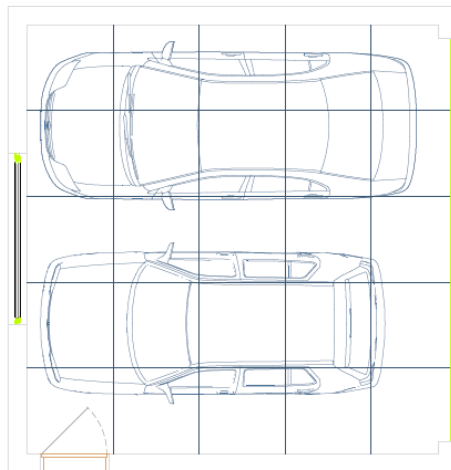


Figura 30 - Planta da garagem

## 5.7. ENVIDRAÇADOS

O edifício tem 12 envidraçados com a tipologia descrita no ponto 5.5.5.

É apresentado na tabela seguinte a área de envidraçado por divisão e a percentagem de envidraçado por área útil de pavimento.

Tabela 9 - Envidraçados do edifício

	Divisão	Tipo envidraçado	Orientação	Quantidade	Área (m <sup>2</sup> )
1	Quarto_1	Janela basculante	Este	1	2,12
2	WC_principal	—	—	—	—
3	Quarto_2	Janela basculante	Este	1	2,12
4	WC_suite	Janela basculante	Este	1	0,66
5	Escritório	—	—	—	—
6	Suite	Pano fixo + Janela basculante	Sul	1 + 1	6,34
7	Corredor	Porta	Sul/Norte	2	5,20
8	Sala	Pano fixo + Porta	Sul	1 + 2	14,23
9	Cozinha	Porta + Janela basculante	Oeste	1 + 1	6,17
10	Lavandaria	—	Norte	—	—
Total				12	36,84

## 5.8. ALÇADOS DO EDIFÍCIO

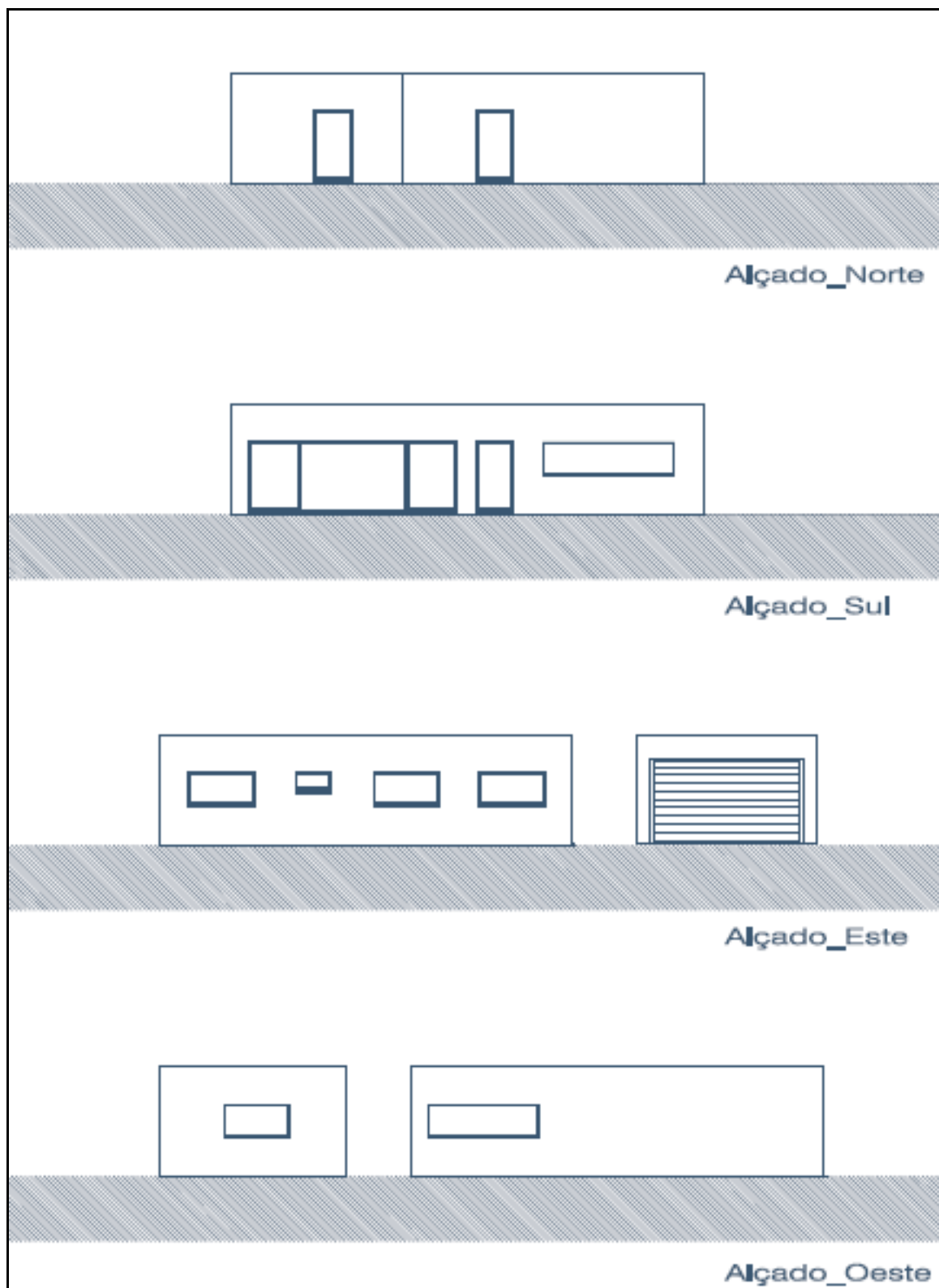


Figura 31 - Alçados da habitação

## 5.9. ENVOLVENTE EXTERIOR

A envolvente exterior é composta por 4 paredes de igual tipologia (descrita em 5.5.1, identificadas por P\_Ext\_01\_N, P\_Ext\_01\_S, P\_Ext\_01\_E e P\_Ext\_01\_W (viradas respectivamente a norte, sul, este e oeste) e os 12 envidraçados descritos em 5.8.

Tabela 10 - Área efectiva de parede (útil)

	A_Total (h*I), [m²]	A_pilares (h*I*n), [m²]	A_vigas (h*I*n), [m²]	A_envidraçados (I*h), [m²]	A_parede_int (h*I*n), [m²]	A_efectiva_pa rede (h*I), [m²]
P_ext_01_N	37,620	0,000	4,104	5,218	1,617	26,681
P_ext_01_S	37,620	0,000	4,104	21,080	1,078	11,358
P_ext_01_E	32,670	0,490	3,564	7,022	1,617	19,977
P_ext_01_W	32,670	0,490	3,564	3,570	0,539	24,507

A fachada é composta por pilares de 6 em 6 metros e a partir dos 2,45 m tem uma viga cinta que suporta a cobertura. Na ligação entre fachadas tem um pilar.

A área efectiva da parede é a área total sem a área dos pilares, sem a área dos envidraçados, sem a área das vigas e sem a área das paredes interiores (área a amarelo).

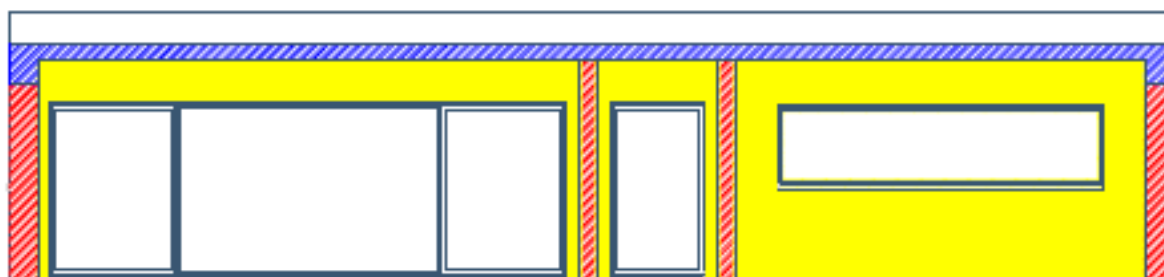


Figura 32 - Área útil da fachada

## 5.10. CÁLCULO DA INÉRCIA TÉRMICA INTERIOR DO EDIFÍCIO (It)

A inércia térmica interior de um edifício mede a capacidade que ele tem de armazenar calor e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos construtivos.

Os elementos armazenam calor durante o período em que recebem radiação solar e libertam esse calor durante a noite, aquecendo o espaço interior do edifício.

A inércia térmica interior é representada por:

$$(3) \quad I_t = \frac{\sum M_{si} S_i}{A_p} \quad [kg / m^2]$$

Com:

$M_{si}$  – Massa superficial útil do elemento  $i$  [ $\text{kg/m}^2$ ];

$S_i$  – Área da superfície interior do elemento  $i$  [ $\text{m}^2$ ];

$A_p$  – Área útil de pavimento [ $\text{m}^2$ ].

Foi adoptado o processo de cálculo descrito no quadro VII.5 do RCCTE.

Tabela 11 - Cálculo da inércia térmica do edifício

	$M_{si}$ ( $\text{kg/m}^2$ )	$S_i$ ( $\text{m}^2$ )	Factor correcção (r)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
Laje tecto	150	168,71	1	25306,50
Laje pavimento	150	168,71	0,75	18979,87
Paredes envolvente	150	103,69	1	15553,50
Paredes interiores	300	161,04	1	48312
<b>Total</b>				<b>108151,87</b>

$$I_t = \frac{108151,87}{149,7} = 722,46 \text{ kg/m}^2$$

Como  $I_t$  apresenta um valor superior a  $400 \text{ kg/m}^2$ , a inércia do edifício é forte.

### 5.11. CÁLCULO DO FACTOR DE FORMA DO EDIFÍCIO (FF)

O factor de forma relaciona as áreas por onde existe transferência de calor com o volume útil do edifício.

$$(4) \quad FF = \frac{A_i}{V_u}$$

Onde:

$A_i$  – Área útil do elemento  $i$  [ $\text{m}^2$ ];

$V_u$  – Volume útil do edifício [ $\text{m}^3$ ].

$$FF = \frac{82,52 + 149,70 + 36,89}{411,67} = 0,65$$

O valor que se obteve é indicativo de um edifício com uma geometria optimizada, no que diz respeito à redução de perdas por condução através da envolvente exterior.

## 6. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO

No âmbito da certificação energética de edifícios, a legislação portuguesa prevê a aplicação de dois regulamentos, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE).

O primeiro regulamento aplica-se em edifícios não residenciais ou residenciais projectados para serem dotados de sistemas de climatização com uma potência instalada ( $P_r$ ) superior a 25 kW. O segundo tem o seu âmbito de aplicação em todos os edifícios residenciais e edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados. [24][20]

Como o edifício em estudo não prevê sistemas de climatização centralizados, com potências instaladas desta ordem, aplica-se unicamente o segundo regulamento, RCCTE (D.L. n.º 80/2006), para verificar a certificação energética do edifício.

### 6.1. RCCTE – ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

O presente regulamento impõe requisitos ao projecto de novos edifícios ou grandes remodelações, de forma a assegurar os níveis de conforto térmico, sem necessidades excessivas de energia, seja de Inverno ou Verão.

Com a aplicação deste regulamento, existe a obrigatoriedade de contabilização de necessidades energéticas para aquecimento ( $N_{ic}$ ), arrefecimento ( $N_{vc}$ ) e produção de água quente sanitária ( $N_{ac}$ ), bem como o máximo admissível para cada um dos casos anteriores.

Calcula também as necessidades de energia primária ( $N_{tc}$ ) e o seu máximo admissível ( $N_t$ ).

A utilização deste regulamento como ferramenta de projecto assenta na norma ISO/FDIS 13790:2006, "*Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling*", que apresenta 5 modelos para o cálculo do comportamento térmico de edifícios e como referido no próprio regulamento, estabelece as regras a observar em todos os edifícios de habitação de maneira a garantir a qualidade do ar interior bem como as necessidades de arrefecimento, aquecimento e água quente sanitária, sem dispêndio excessivo de energia. [20][25]

Pressupõe ser um método iterativo de optimização energética do edifício.

Para que aplicação deste regulamento seja bem sucedida, os seus requisitos têm que ser tidos em conta na fase de projecto do edifício, para garantir que são cumpridos na íntegra.

Para efeitos de aplicação do RCCTE, considerou-se que o país está dividido em zonas climáticas de Inverno e Verão, conforme a imagem seguinte mostra.

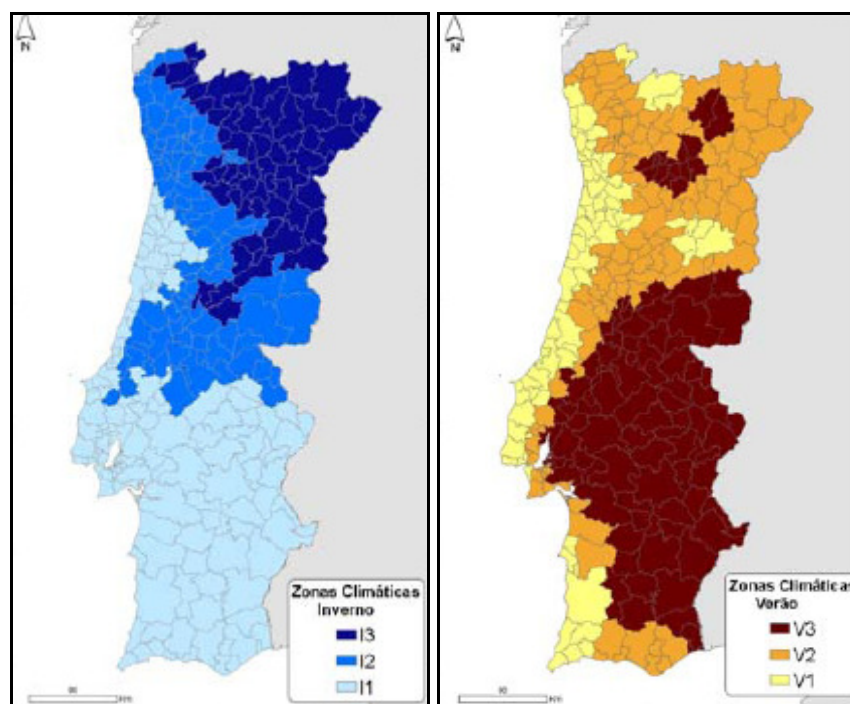


Figura 33 - Zonas climáticas em Portugal segundo RCCTE [20]

O recurso a colectores solares térmicos para produção de AQS é obrigatória para edifícios abrangidos pelo RCCTE, sempre que a exposição solar for adequada (artigo 7º RCCTE).

O regulamento fixa ainda as condições interiores de referência, ou de conforto térmico, sob as quais têm que ser realizados todos os cálculos, quer em termos de temperatura e humidade relativa, em termos de renovação do ar e consumos e temperatura da AQS.

Para a estação de aquecimento (Inverno), temos como condições de referência interiores, 20°C para a temperatura do ar e para a estação de arrefecimento, 25°C a temperatura do ar e 50% de humidade relativa.

A taxa de renovação do ar para que seja possível garantir a qualidade do ar interior deve ser de 0,6 renovações por hora (mínimo).

O consumo de referência de AQS em edifícios de habitação é de 40l por pessoas a 60°C, por dia. [20]

## 6.2. RCCTE – APLICAÇÃO AO EDIFÍCIO EM ESTUDO

### 6.2.1 . CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE AQUECIMENTO ( $N_{ic}$ ) [20]

As necessidades nominais de aquecimento de um edifício são a energia útil que é necessário fornecer para manter a temperatura de referência anteriormente referida, durante toda a estação de aquecimento.

Uma análise a este valor permite concluir que no Inverno o edifício é mais frio quanto maior forem as necessidades de aquecimento, ou é preciso fornecer mais energia para conseguir manter a temperatura de referência do RCCTE.

As necessidades nominais de aquecimento resultam de três parcelas,

$$(5) \quad N_{tc} = \frac{(Q_t + Q_v - Q_{gu})}{A_p}$$

Com:

$Q_t$  – Perdas de calor por condução através da envolvente dos edifícios;

$Q_v$  – Perdas de calor resultantes da renovação de ar;

$Q_{gu}$  – Ganho de calor úteis resultantes da iluminação, equipamentos, ocupantes e ganhos solares através dos envidraçados;

$A_p$  – Área útil do edifício.

#### 6.2.1.1. PERDAS DE CALOR POR CONDUÇÃO ATRAVÉS DA ENVOLVENTE ( $Q_t$ ) [20]

São perdas de calor por condução através da envolvente, todas as perdas de energia que se dão através das fachadas, envidraçados, cobertura e pavimentos em contacto com o exterior, devido à diferença de temperaturas entre o interior e o exterior.

$$(6) \quad Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} \quad [W]$$

Com:

$Q_{ext}$  – Perdas de calor pelas paredes, envidraçados, pontes térmicas planas, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior;

$Q_{lna}$  – Perdas de calor pelas paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com locais não aquecidos;

$Q_{pe}$  – Perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo;

$Q_{pt}$  – Perdas de calor pelas pontes térmicas lineares do edifício.



**Cálculo de  $Q_{ext}$  [20]**

$$(7) \quad Q_{ext} = U A (\theta_i - \theta_{atm}) \quad [W]$$

Com:

$U$  – Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente [ $W/m^2\text{°C}$ ];

$A$  – Área do elemento da envolvente medida pelo interior [ $m^2$ ];

$\theta_i$  – Temperatura interior de referência [ $\text{°C}$ ];

$\theta_{atm}$  – Temperatura do ar exterior [ $\text{°C}$ ].

Durante toda a estação de aquecimento, a energia necessária para compensar estas perdas é dada pela seguinte expressão,

$$(8) \quad Q_{ext} = 0,024 U A GD \quad [kWh]$$

Em que  $GD$  é o numero de graus-dia de aquecimento especificados para cada concelho, no RCCTE.

**Cálculo de  $Q_{lna}$  [20]**

$$(9) \quad Q_{lna} = U A (\theta_i - \theta_a) \quad [W]$$

Com:

$U$  – Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente [ $W/m^2\text{°C}$ ];

$A$  – Área do elemento da envolvente medida pelo interior [ $m^2$ ];

$\theta_i$  – Temperatura interior de referência [ $\text{°C}$ ];

$\theta_a$  – Temperatura do ar do local não aquecido [ $\text{°C}$ ].

O local não aquecido adopta um valor de temperatura intermédio entre a temperatura exterior e a temperatura interior de referência, admite-se que a temperatura  $\theta_a$  é,

$$(10) \quad \theta_a = \theta_{atm} + (1 - \tau) (\theta_i - \theta_{atm}) \quad [\text{°C}]$$

Com o valor de  $\tau$  dado por:

$$(11) \quad \tau = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_{atm}}$$

Como é difícil de conhecer o valor de  $\theta_a$ , o valor de  $\tau$  que se utiliza encontra-se tabelado na tabela IV.1 do RCCTE.

Durante a estação de arrefecimento, a energia necessária para compensar estas perdas de espaços em contacto com locais não aquecidos, é dada por,

$$(12) \quad Q_{ext} = 0,024 U A GD \tau \quad [kWh]$$

### **Cálculo de $Q_{pe}$ [20]**

As perdas de calor através de elementos em contacto com o solo ( $L_{pe}$ ), são dadas por,

$$(13) \quad L_{pe} = \sum \psi_j B_j \quad [W / ^\circ C]$$

Com:

$\Psi$  – Coeficiente de transmissão térmica linear [ $W/m^\circ C$ ];

$B$  – Perímetro do elemento em contacto com o solo, medido pelo interior [m].

O valor de  $\Psi$  é dado nas tabelas IV.2 para várias situações típicas (calculados segundo a EN 13370).

A energia necessária para compensar estas perdas é dada por,

$$(14) \quad Q_{pe} = 0,024 L_{pe} GD \quad [kWh]$$

### Cálculo de $Q_{pt}$ [20]

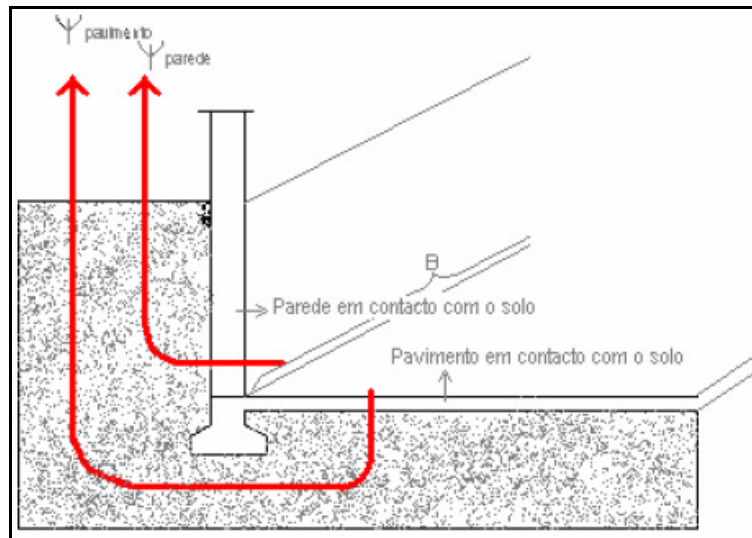


Figura 34 - Pontes térmicas lineares [20]

A energia perdida por pontes térmicas lineares é dada por,

$$(15) \quad L_{pt} = \sum \psi_j B_j \quad [W / ^\circ C]$$

Com:

$\psi_j$  – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica  $j$  [ $W/m^\circ C$ ];

$B_j$  – Comprimento da ponte térmica  $j$ , medido pelo interior [m].

No RCCTE só se consideram pontes térmicas bidimensionais, estando o seu valor tabelado nas tabelas IV.3, que representam as situações mais comuns de pontes térmicas lineares em edifícios.

A energia necessária para compensar perdas desta natureza é dada por,

$$(16) \quad Q_{pt} = 0,024 L_{pt} GD \quad [kWh]$$

Para o edifício em estudo, temos as seguintes perdas pela envolvente exterior:

Tabela 12 - Perdas pelas paredes em contacto com o exterior e pontes térmicas planas

Paredes Exteriores e pontes térmicas planas ( $Q_{ext1}/GD$ )	Área ( $m^2$ )	U ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	U.A ( $W/^\circ C$ )
P_P_ext_01_N	26,681	0,414	11,046
P_P_ext_01_S	11,358	0,414	4,702
P_P_ext_01_E	19,977	0,414	8,271
P_P_ext_01_W	24,507	0,414	10,146
PTP_pilar_N	0,000	0,498	0,000
PTP_pilar_S	0,000	0,498	0,000
PTP_pilar_E	0,490	0,498	0,244
PTP_pilar_W	0,490	0,498	0,244
PTP_viga_N	4,104	0,498	2,044
PTP_viga_S	4,104	0,498	2,044
PTP_viga_E	3,564	0,498	1,775
PTP_viga_W	3,564	0,498	1,775
<b>TOTAL</b>			<b>42,290</b>

Para o cálculo consideraram-se as perdas pelas quatro paredes exteriores e pelas pontes térmicas planas, provocadas pela viga de suporte da cobertura plana e pelos pilares das paredes.

Não se contabilizam as perdas pelos pilares de canto, pois considera-se que a transmissão de calor se dá paralelamente ao plano do elemento em questão e por isso as perdas pelos pilares de canto serão contabilizadas em pontes térmicas lineares, provocadas pela ligação entre duas fachadas.

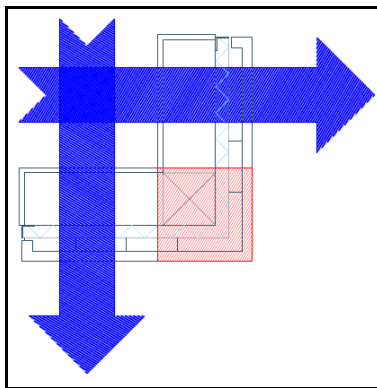


Figura 35 - Troca de calor paralelas ao plano do elemento considerado

Perdas pela cobertura,

Tabela 13 - Perdas pela cobertura exterior

<b>Coberturas Exteriores (<math>Q_{ext2}/GD</math>)</b>	<b>Área (<math>m^2</math>)</b>	<b>U (<math>W/m^2 \cdot ^\circ C</math>)</b>	<b>U.A (<math>W/^\circ C</math>)</b>
P_cob_ext_coz	19,300	0,328	6,330
P_cob_ext_lav	4,500	0,328	1,476
P_cob_ext_sala	53,000	0,328	17,384
P_cob_ext_corr	17,700	0,328	5,806
P_cob_ext_esc	4,000	0,328	1,312
P_cob_ext_wc_princ	4,200	0,328	1,378
P_cob_ext_wc_s	6,500	0,328	2,132
P_cob_ext_suite	15,300	0,328	5,018
P_cob_ext_q1	12,400	0,328	4,067
P_cob_ext_q2	12,800	0,328	4,198
<b>TOTAL</b>			<b>49,102</b>

Perdas pelos envidraçados,

Tabela 14 - Perdas pelos vãos envidraçados

<b>Vãos envidraçados exteriores (<math>Q_{ext3}/GD</math>)</b>	<b>Área (<math>m^2</math>)</b>	<b>U (<math>W/m^2 \cdot ^\circ C</math>)</b>	<b>U.A (<math>W/^\circ C</math>)</b>
<b>Verticais:</b>			
Env_N	5,218	2,100	10,958
Env_S	21,080	2,100	44,268
Env_E	7,022	2,100	14,746
Env_W	3,570	2,100	7,497
<b>TOTAL</b>			<b>77,469</b>

O edifício não tem nenhuma parede em contacto com locais não aquecidos, logo, as perdas de calor desta natureza são nulas ( $Q_{lna} = 0$ ).

O pavimento do edifício tem isolamento e é omissa no regulamento o valor de  $\Psi$  para estes casos.

Quando o pavimento apresenta isolamento, o valor de  $\Psi$  tem os valores da tabela seguinte, que variam com a resistência térmica do isolamento e com a cota Z (diferença de nível entre a face superior do pavimento e a cota do terreno exterior).

Tabela 15 - Valores de  $\Psi$  para pavimentos isolados em contacto com o solo

Z (m)	$0,3 \leq R_{isol} < 0,5 \text{ [m}^2 \text{ °C/W]}$	$R_{isol} \geq 0,5 \text{ [m}^2 \text{ °C/W]}$
Menor que - 6	_____	_____
De - 6 a - 1,25	_____	_____
De - 1,20 a 0	1,40	1,20
De 0,05 a 1,50	2,00	1,80

Para o elemento em questão, o isolante tem uma resistência térmica superior a  $0,5 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$  e um Z igual a zero, logo tem um  $\Psi$  de 1,20.

Tabela 16 - Perdas pelo pavimento em contacto com o solo

Paredes e pavimentos em contacto com o solo ( $Q_{pe}/GD$ )	Perímetro B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	$\psi.B$ (W/°C)
Pav_solo_isol_N	13,020	1,200	15,624
Pav_solo_isol_S	13,240	1,200	15,888
Pav_solo_isol_E	11,020	1,200	13,224
Pav_solo_isol_W	11,460	1,200	13,752
<b>TOTAL</b>			<b>58,488</b>

Por consulta das tabelas IV.3 do RCCTE, verificou-se que o edifício apresenta as seguintes pontes térmicas lineares:

- Ligação da fachada com pavimentos térreos, com isolamento pelo exterior, com  $\Psi = 0,3$ ;
- Ligação fachada com cobertura, com isolamento pelo exterior, com  $\Psi = 0,5$ ;
- Ligação de duas paredes verticais, isolamento pelo exterior, com  $\Psi = 0,15$ .

Tabela 17 - Perdas provocadas por pontes térmicas lineares

Pontes térmicas lineares ( $Q_{pt}/GD$ )	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	$\psi.B$ (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	48,740	0,300	14,622
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	48,740	0,500	24,370
Duas paredes verticais	11,000	0,150	1,650
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	0,000	0,000	0,000
<b>TOTAL</b>			<b>40,642</b>

No edifício projectado, como o isolamento da fachada exterior é feito pelo exterior da mesma, as ligações da fachada com padieira, ombreira ou peitoril têm  $\psi=0$ , logo as pontes térmicas lineares provocadas por este tipo de ligação é nulo.

As perdas de calor por condução através da envolvente, por grau-dia ( $Q_t/0,024GD$ ) é a soma das parcelas apresentadas nas tabelas anteriores.

$$\frac{Q_t}{0,024 GD} = Q_{ext1} + Q_{ext2} + Q_{ext3} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} = 42,290 + 49,102 + 77,469 + 0 + 58,488 + 40,642 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_t}{0,024 GD} = 267,991 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

### 6.2.1.2. PERDAS DE CALOR RESULTANTES DA RENOVAÇÃO DO AR ( $Q_v$ ) [20]

As perdas de calor devido às renovações de ar do edifício são calculadas pela seguinte expressão:

$$(17) \quad Q_{ra} = \frac{\rho C_p R_{ph} V(\theta_i - \theta_{atm})}{3600} \quad [W]$$

Onde,

$\rho$  – Massa volúmica do ar [ $\text{kg/m}^3$ ];

$C_p$  – Calor específico do ar [ $\text{J/kg } ^\circ\text{C}$ ];

$R_{ph}$  – Taxa de renovação do ar interior;

$V$  – Volume útil do edifício [ $\text{m}^3$ ];

$\theta_i$  – Temperatura interior de referência [ $^\circ\text{C}$ ];

$\theta_{atm}$  – Temperatura do ar exterior [ $^\circ\text{C}$ ].

$$(18) \quad \frac{\rho C_p}{3600} = 0,34 \text{ W / m}^3$$

Logo a expressão (15) toma a forma seguinte:

$$(19) \quad Q_{ra} = 0,34 R_{ph} A_p P_d (\theta_i - \theta_{atm}) \quad [W]$$

Com:

$A_p$  – Área útil de pavimento [ $\text{m}^2$ ];

$P_d$  – Pé-direito médio [m].

A energia necessária para suprir esta perda é dada por:

$$(20) \quad Q_v = 0,024 (0,34 R_{ph} A_p P_d) GD \quad [kWh]$$

pois não se preconiza para o edifício em questão, meios mecânicos para assegurar a ventilação.

### **Cálculo da taxa de renovação horária nominal ( $R_{ph}$ ) [20][26]**

A ventilação do edifício é assegurada inteiramente por meios naturais e cumpre a NP 1037 – 1, que fixa em 0,6 o número de renovações de ar por hora. [26]

As fachadas do edifício estão dotadas com dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis e nas paredes ou portas das divisões principais e de serviço, existem grelhas para promover a circulação do ar.

Segundo a NP 1037 – 1, o edifício não pode estar dotado de qualquer sistema mecânico de extracção de ar, não sendo admissível a instalação de exaustor na cozinha, para que o edifício cumpra a referida norma.

A admissão de ar é feita nos compartimentos principais (sala, quartos e suite) e a extracção é realizada nos compartimentos de serviço (cozinha e WC). A norma faz referência aos caudais tipo a admitir e a extrair, definidas da seguinte forma:

- Renovação de um volume por hora nos compartimentos principais;
- Renovação de 4 volumes por hora nos compartimentos de serviço.

No caso das instalações sanitárias com banheira ou duche, o caudal de ar de ventilação nunca poderá ser inferior a 45 m<sup>3</sup>/h e se não tiver banheira nem duche nunca poderá ser inferior a 30 m<sup>3</sup>/h. No caso da cozinha, o caudal de ar de ventilação nunca poderá ser inferior a 60 m<sup>3</sup>/h. [26]

Para o edifício em estudo, temos os seguintes valores de caudais de renovação de ar, com base na consulta dos quadros 1 e 2 da norma supra referida.



Tabela 18 - Caudais de ar de admissão e extracção segundo NP 1037 - 1

Compartimentos		Área	Altura	Volume	Admissão	Caudal	Extracção	Caudal
Tipo	Designação	(m²)	(m)	(m³)	(m³/h)	(l/s)	(m³/h)	(l/s)
Compartimentos Principais	Suite	15,3	2,75	42,1	60	17		
	Quarto_1	12,4	2,75	34,1	60	17		
	Quarto_2	12,8	2,75	35,2	60	17		
	Sala	53,0	2,75	145,8	150	42		
Compartimentos de serviço	IS com banho	6,6	2,75	18,2			90	25
	IS com banho	4,2	2,75	11,6			60	17
	Cozinha	19,3	2,75	53,1			180	49
	Lavandaria	4,5	2,75	12,4			60	17
					330	93	390	108
					TOTAL ADMISSÃO		TOTAL EXTRACÇÃO	

Para estes caudais e segundo a mesma norma, foram dimensionadas as áreas dos dispositivos de admissão e extracção de ar, nas fachadas de cada um dos compartimentos e também as áreas dos dispositivos de passagem de ar, dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço.

Tabela 19 - Áreas dos dispositivos de admissão e extracção de ar das fachadas, segundo a NP 1037 - 1

	Área (cm²)			Raio (cm)		Diâmetro (cm)	
Suite	120			6,18		12,36	
Quarto_1	120			6,18		12,36	
Quarto_2	120			6,18		12,36	
Sala	80	200		5,05	7,98	10,09	15,96
IS com banho	160			7,14		14,27	
IS com banho	120			6,18		12,36	
Cozinha	120	120	120	6,18		12,36	
Lavandaria	120			6,18		12,36	

Tabela 20 - Áreas dos dispositivos de passagem de ar dos compartimentos principais para os de serviço, segundo NP 1037 - 1

	Área (cm²)		Raio (cm)	Diâmetro (cm)
Suite	200		7,98	15,96
Quarto_1	200		7,98	15,96
Quarto_2	200		7,98	15,96
Sala	250	duas	8,92	17,84

Os dispositivos de passagem de ar entre compartimentos principais e de serviço, devem assegurar a circulação do ar mesmo com as portas dos compartimentos fechadas.

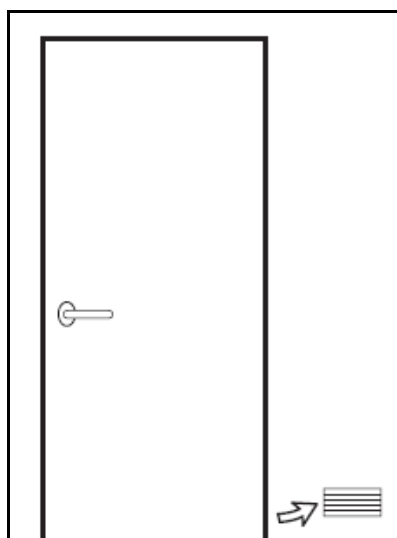


Figura 36 - Pormenor dos dispositivos de passagem de ar [26]

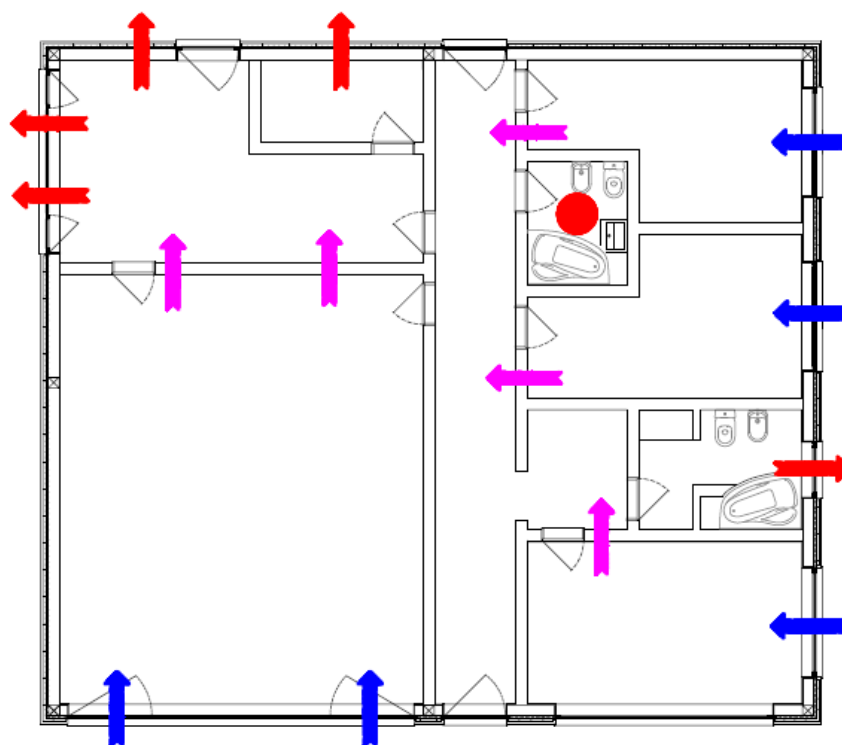
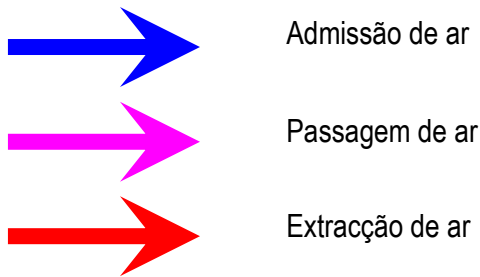


Figura 37 - Esquema da ventilação natural

Legenda:



O edifício projectado cumpre a NP 1037 – 1 e tem uma taxa nominal de renovação de ar de 0,6 h<sup>-1</sup>.

O calor que se perde pelas renovações de ar é dado por:

$$\frac{Q_v}{0,024 \text{ GD}} = 0,34 \times 0,6 \times 411,67 = 83,98 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

#### 6.2.1.3. GANHOS DE CALOR POR CONDUÇÃO ATRAVÉS DA ENVOLVENTE ( $Q_{gu}$ ) [20]

Os ganhos térmicos de Inverno de um edifício, têm origem nas fontes internas de calor ( $Q_i$ ) e nos ganhos térmicos provenientes do aproveitamento da radiação solar ( $Q_s$ ).

Os ganhos térmicos brutos podem ser representados por:

$$(21) \quad Q_{gu} = Q_i + Q_s \quad [kWh]$$

Nem todos os ganhos térmicos brutos se transformam em aquecimento útil do ambiente. Este aquecimento do ambiente é função da inércia térmica do edifício e da relação entre os ganhos térmicos brutos e das perdas térmicas totais do edifício.

$$(22) \quad Q_{gu} = \eta Q_g \quad [kWh]$$

#### Ganhos térmicos brutos resultantes de fontes internas ( $Q_i$ ) [20]

Estes ganhos térmicos são provocados pelos ocupantes do edifício e pelo calor dissipado nos equipamentos e dispositivos de iluminação.

$Q_i$ , pode ser definido por:

$$(23) \quad Q_i = q_i M A_p 0,720 \quad [kWh]$$

Com:

$q_i$  – Ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento, numa base de 24 horas por dia, todos os dias do ano [ $W/m^2$ ];

$M$  – Duração da estação convencional de aquecimento em meses (anexo III, RCCTE);

$A_p$  – Área útil de pavimento [ $m$ ].

Os ganhos térmicos internos médios ( $q_i$ ), estão tabelados (quadro IV.3, RCCTE) e para o edifício em estudo, toma o valor de  $4 W/m^2$ . Então:

$$Q_i = 4 \times 6,30 \times 149,70 \times 0,720 = 2716,16 \quad kWh / ano$$

### **Ganhos térmicos brutos através dos vãos envidraçados ( $Q_s$ ) [20]**

Os ganhos solares através dos vãos envidraçados são dados por:

$$(24) \quad Q_s = G_{sul} \sum_j \left[ X_j \sum_n A_{snj} \right] M \quad [kWh]$$

Onde:

$G_{sul}$  – Valor médio mensal da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul de área unitária durante a estação de aquecimento (anexo III, RCCTE) [ $kWh/m^2mês$ ];

$X_j$  – Factor de orientação para as diferentes exposições (quadro IV.4, RCCTE);

$A_{snj}$  – Área efectiva colectora da radiação solar [ $m^2$ ];

$M$  – Duração da estação de aquecimento (anexo III, RCCTE) [meses].

A área efectiva colectora de radiação solar é função de factores relacionados com o tipo de vidro, obstruções e sombreamentos e orientações dos envidraçados.

$$(25) \quad A_s = A F_s F_g F_w g_{\perp}$$

Com:

$A$  – Área total do vão envidraçado, incluindo vidro e caixilho [ $m^2$ ];

$F_s$  – Factor de obstrução;

$F_g$  – Fracção envidraçada;

$F_w$  – Factor de correcção devido à variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar;

$g_{\perp}$  - Factor solar do vão envidraçado para radiação incidente na perpendicular ao envidraçado e que tem em conta eventuais dispositivos de protecção solar.

#### **Factor solar do vão envidraçado ( $g_{\perp}$ )**

Este valor relaciona a radiação que realmente atravessa o vão envidraçado para o interior do edifício, com aquela que incide na direcção normal ao envidraçado.

#### **Factor de obstrução ( $F_s$ )**

Representa a redução de radiação incidente no envidraçado, provocada por fontes de sombreamento permanentes, como por exemplo, edifícios contíguos, vegetação e mesmo corpos do mesmo edifício, como palas ou varandas.

$$(26) \quad F_s = F_h F_o F_f$$

Em que:

$F_h$  – Factor de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

$F_o$  – Factor de sombreamento por palas ou varandas;

$F_f$  – Factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado.

O produto de  $F_s$  por  $X_j$  nunca deve ser inferior a 0,27.

### ***Fracção envidraçada ( $F_g$ )***

Este valor mostra a redução de radiação incidente num envidraçado devido à existência da caixilharia e é uma relação entre a área envidraçada e a área total do vão envidraçado (os valores típicos estão tabelados no quadro IV.5, RCCTE).

### ***Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados ( $F_w$ )***

Este valor traduz a redução dos ganhos solares provenientes da variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar directa.

Para o edifício em estudo, os ganhos térmicos através dos vãos envidraçados são dados por:

Tabela 21 - Ganhos térmicos através dos envidraçados

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Env_N	Duplo	5,218	0,270	0,780	0,900	0,700	0,900	0,623
Env_S	Duplo	21,080	1,000	0,780	0,900	0,700	0,900	9,323
Env_E	Duplo	7,022	0,560	0,780	0,900	0,700	0,900	1,739
Env_W	Duplo	3,570	0,560	0,780	0,900	0,700	0,900	0,884

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m<sup>2</sup>)

12,569

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G<sub>sul</sub>)

na zona

I1

do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m<sup>2</sup>.mês)

108,000

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1

(meses)

6,300

=

**Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)**

**8552,004**

Os valores dos parâmetros de correcção para o cálculo da radiação equivalente num envidraçado a sul, foram obtidos por consulta do RCCTE.

Pela consulta do quadro IV.4, obtiveram-se os valores do factor de orientação (X) para os envidraçados do edifício.

Para vidros duplos incolores de 6mm + 4mm, obteve-se, da tabela IV.4.1 do RCCTE, um valor de 0,78 para o factor solar do envidraçado.

O edifício em estudo está dotado de palas tipo “toldo” que podem ser recolhidas no Inverno, não havendo sombreamento dos envidraçados. Como consta do ponto 4.3.3, alínea b) do RCCTE, para envidraçados que não tenham palas de sombreamento, para que o efeito de sombreamento do contorno do vão seja contabilizado, o produto de  $F_o$  por  $F_f$  considera-se 0,9. Pela tabela IV.5 do RCCTE, o valor de  $F_h$  é 1, logo  $F_s$  é igual a 0,9.

Pelo quadro IV.5 do RCCTE, o valor da fracção envidraçada para envidraçados com caixilharia de alumínio sem quadrícula, é de 0,7.

O valor do factor de correcção da selectividade angular é 0,9 para os vidros correntes duplos (ponto 4.3.5 do RCCTE).

Para o edifício em estudo, as necessidades nominais de aquecimento máximas ( $N_i$ ), é função do factor de forma do edifício e dos graus-dia para o concelho em causa (quadro III.1 do RCCTE).

Para o valor de 1400°C.dia e um factor de forma de 0,654, temos um valor de  $N_i$  de 67,762 kWh/m<sup>2</sup>.ano (artigo 15º, RCCTE).

Tabela 22 - Necessidades nominais de aquecimento máximas ( $N_i$ )

		$N_i$ (kWh/m <sup>2</sup> .ano)
$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$	Para $FF < 0,5$	59,800
$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) \text{ GD}$	Para $0,5 < FF < 1$	<b>67,762</b>
$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) \text{ GD}] (1,2 - 0,2FF)$	Para $1 < FF < 1,5$	72,455
$N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$	Para $FF > 1,5$	100,440

Os ganhos úteis totais são:

Tabela 23 - Ganhos úteis totais

<b>Ganhos Úteis Totais:</b>			
$\gamma =$	Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	11268,161	
	Necessidades Brutas de Aquecimento <sup>2</sup>	11826,254	
Inércia do edifício:	3,000	a =	4,2
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)			
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos	( $\eta$ )	0,953	
		0,827	
		x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		11268,161	
		=	
<b>Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)</b>		<b>9315,345</b>	

Finalmente pode-se calcular o valor das necessidades nominais de aquecimento, para o edifício em estudo.

<b>Perdas térmicas associadas a:</b>	<b>(W/°C)</b>
Envolvente Exterior	190,522
Vãos Envidraçados	77,469
Renovação de Ar	83,982
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	351,972
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1400,000
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	11826,254
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	9315,345
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	2510,910
	/
Área Útil de Pavimento (m²)	149,700
	=
<b>Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)</b>	<b>16,773</b>
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	67,762

<sup>2</sup> Valor calculado em passo seguinte



$N_{ic} \leq N_i$ , verifica o RCCTE para efeitos de necessidades nominais de aquecimento ( $N_{ic}/N_i = 0,248$ ).

As necessidades de aquecimento para o edifício em estudo são 25% das necessidades de aquecimento máximas admitidas. Este resultado mostra que as soluções construtivas adoptadas são eficientes do ponto de vista energético.

### 6.2.2 . CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO ( $N_{vc}$ ) [20]

As necessidades de arrefecimento de um edifício, representam a energia que lhe é necessário retirar para que se consiga manter a temperatura interior de referência, nos meses de Verão, de Junho a Setembro inclusive.

Quanto maior for o valor destas necessidades, mais quente é o edifício e mais energia é necessário retirar para garantir as condições de temperatura interior de referência.

As necessidades de arrefecimento são expressas por:

$$(27) \quad N_{vc} = \frac{Q_g (1-\eta)}{A_p}$$

Com:

$Q_g$  – Ganhos totais brutos do edifício;

$\eta$  – Factor de utilização dos ganhos térmicos;

$A_p$  – Área útil de pavimento

Os ganhos totais brutos do edifício ( $Q_g$ ), são obtidos pela soma das seguintes parcelas:

- Ganhos através da envolvente do edifício através da incidência da radiação solar;
- Ganhos solares através dos envidraçados;
- Ganhos devido à renovação do ar;
- Ganhos devido aos ocupantes, iluminação e equipamentos.

### 6.2.2.1. GANHOS PELA ENVOLVENTE ( $Q_1$ )

Os ganhos pela envolvente devem-se à diferença de temperatura entre o interior do edifício e o exterior, mas também pela radiação que incide na fachada do edifício.

Estes ganhos podem ser traduzidos da seguinte forma:

$$(28) \quad Q_1 = 2,928 U A (\theta_m - \theta_i) + U A \left( \frac{\alpha I_r}{h_e} \right) \quad [kWh]$$

Em que:

$U$  – Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente [ $W/m^2$ ];

$A$  – Área do elemento da envolvente [ $m^2$ ];

$\theta_m$  – Temperatura média do ar exterior na estação convencional de arrefecimento, na zona climática de Verão onde se localiza o edifício (anexo III, RCCTE);

$\theta_i$  – Temperatura do ar interior [ $^{\circ}C$ ];

$\alpha$  - Coeficiente de absorção (para a radiação solar), da superfície exterior da parede (quadro V.5, RCCTE);

$I_r$  – Intensidade média de radiação incidente em cada orientação, durante toda a estação de arrefecimento (anexo III, RCCTE).

Na equação anterior, a primeira parcela diz respeito às perdas pela envolvente exterior devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício e a segunda parcela diz respeito, aos ganhos solares através da envolvente opaca, devido à radiação incidente.

No edifício em estudo, as perdas associadas às coberturas e envidraçados exteriores são:

Tabela 24 - Perdas pelas coberturas e envidraçados exteriores no Verão

Coberturas exteriores	Área ( $m^2$ )	U ( $W/m^2^{\circ}C$ )	U.A ( $W/^{\circ}C$ )
Cobertura	149,700	0,328	49,102
<b>TOTAL</b>			<b>49,102</b>

Envidraçados Exteriores	Área ( $m^2$ )	U ( $W/m^2^{\circ}C$ )	U.A ( $W/^{\circ}C$ )
Env_N	5,218	2,100	10,958
Env_S	21,080	2,100	44,268
Env_E	7,022	2,100	14,746
Env_W	3,570	2,100	7,497
<b>TOTAL</b>			<b>77,469</b>

As perdas térmicas totais, na estação de arrefecimento, para o edifício em estudo, são dadas por:

Tabela 25 - Perdas térmicas totais na estação de arrefecimento

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	42,29	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	0,00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	49,10	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	77,47	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação do ar	83,98	(W/°C)
	=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>252,84</b>	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)	19	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	6	
	x	
Perdas específicas totais	252,84	(W/°C)
	x	
	2,928	
	=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>4441,93</b>	(kWh)

Os ganhos solares pela envolvente opaca, devido à incidência da radiação solar, para um edifício com as fachadas pintadas em branco ( $\alpha = 0,4$ ), são:

Tabela 26 - Ganhos solares pela envolvente opaca, devido à incidência de radiação

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL <i>(inclui paredes e cobertura)</i>						
Orientação	N	S	E	W	H	
Área, A (m²)	26,681	11,358	19,977	24,507	149,700	
	x	x	x	x	x	
U (W/m²°C)	0,414	0,414	0,414	0,414	0,328	
	x	x	x	x	x	
Coeficiente de absorção α (Quadro V.5)	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	
	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	4,418	1,881	3,308	4,058	19,641	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	200,000	380,000	420,000	420,000	730,000	
	x	x	x	x	x	
	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	
	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	35,347	28,589	55,578	68,180	573,507	
	TOTAL					
	35,347	28,589	55,578	68,180	573,507	
	761,201	(kWh)				

#### 6.2.2.2. GANHOS SOLARES ATRAVÉS DOS ENVIDRAÇADOS (Q<sub>2</sub>)

Para o cálculo dos ganhos solares através dos envidraçados, utiliza-se a mesma metodologia da estação de aquecimento, com excepção do factor de horizonte ( $F_h$ ), que se considera igual a 1.

Os valores de  $F_o$ ,  $F_f$  e  $F_w$  são obtidos dos quadros V.1, V.2 e V.3, respectivamente, para as condições de Verão.

Tabela 27 - Factor de obstrução (Fs) dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento

	N	S	E	W
<b>Fs</b>	<b>0,940</b>	<b>0,520</b>	<b>0,550</b>	<b>0,550</b>
	=	=	=	=
<b>Fh</b>	1,000	1,000	1,000	1,000
	x	x	x	x
<b>Fo</b>	0,940	0,520	0,550	0,550
	x	x	x	x
<b>Ff</b>	1,000	1,000	1,000	1,000

$F_o$ , para envidraçados com ângulo da pala de  $60^\circ$  e  $F_f$  igual a 1 porque não existem palas verticais.

O factor solar do vão envidraçado é calculado, considerando que os dispositivos de sombreamento móveis estão activados a 70%, ou seja, o factor solar do vão envidraçado é:

$$(29) \quad g_{\perp 70\%} = 0,3 g_{\perp v} + 0,7 g_{\perp env}$$

Com:

$$g_{\perp v} = 0,78$$

$$g_{\perp env} = 0,03 \text{ (vidro duplo com portadas de madeira de cor clara)}$$

$$g_{\perp 70\%} = 0,3 \times 0,78 + 0,7 \times 0,03 = 0,255$$

Os ganhos solares através dos vãos envidraçados, para o edifício em estudo, são:

Tabela 28 - Ganhos solares através dos vãos envidraçados

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL			
Orientação	N	S	E	W
Área, A (m <sup>2</sup> )	5,218	21,080	7,022	3,570
	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,255	0,255	0,255	0,255
	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,700	0,700	0,700	0,700
	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,940	0,520	0,550	0,550
	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,800	0,750	0,850	0,850
	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,700	1,467	0,586	0,298
	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200,000	380,000	420,000	420,000
	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	<b>140,090</b>	<b>557,639</b>	<b>246,103</b>	<b>125,123</b>
	<b>TOTAL</b>			
	<b>140,090</b>	<b>557,639</b>	<b>246,103</b>	<b>125,123</b>
	<b>1068,955</b>			
	<b>(KWh)</b>			

### 6.2.2.3. GANHOS TÉRMICOS INTERNOS ( $Q_3$ )

Tabela 29 - Ganhos térmico internos

Ganhos Internos médios ( $W/m^2$ ) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento ( $m^2$ )	149,7	
	x	
	2,928	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1753,286</b>	<b>(KWh)</b>

Os ganhos térmicos totais para o edifício em estudo são a soma de  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ .

Tabela 30 - Ganhos térmicos totais do edifício, na estação de arrefecimento

<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	1068,96	<b>(KWh)</b>
	+	
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	761,20	<b>(KWh)</b>
	+	
<b>Ganhos internos</b>	1753,29	<b>(KWh)</b>
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais (<math>Q_g</math>)</b>	<b>3583,44</b>	<b>(KWh)</b>

### 6.2.2.4. CÁLCULO DO FACTOR DE UTILIZAÇÃO DOS GANHOS ( $\eta$ )

Tabela 31 - Factor de utilização dos ganhos térmicos

<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	3583,44	<b>(kWh)</b>
	/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b>	4441,93	<b>(kWh)</b>
	=	
<b>Relação Ganhos-Perdas</b>	<b>0,807</b>	
<b>Inércia do edifício</b> ( <i>In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3</i> )	3	

Do anexo IV, ponto 4.4 do RCCTE, temos que para  $\gamma \neq 1$ ,

$$(30) \quad \eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a-1}}$$

com  $a = 4,2$ , para edifícios com inércia térmica forte. Substituindo na equação anterior, temos:

$$\eta = \frac{1 - 0,807^{4,2}}{1 - 0,807^{4,2-1}} = 0,883$$

As necessidades nominais de arrefecimento, para o edifício em estudo são:

Tabela 32 - Necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc}$ )

		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$		0,883	
		=	
		0,116	
		x	
Ganhos Térmicos Totais		3583,44	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		417,76	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores		0	( $E_v = P_v \times 24 \times 0,122$ (kWh))
		=	
	TOTAL	417,76	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento ( $m^2$ )		149,70	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - $N_{vc}$		2,79	(kWh/ $m^2$ .ano)
		≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - $N_v$ (Nº2 do Artigo 15º)		16	(kWh/ $m^2$ .ano)

As necessidades nominais de arrefecimento máximas ( $N_v$ ), estão definidas no artigo 15º do RCCTE. Para a região climática do edifício em estudo (V1, norte),  $N_v$  é de 16 kWh/ $m^2$ .ano.

$N_{vc} \leq N_v$ , verifica o RCCTE para efeitos de necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc}/N_v = 0,174$ ).



As necessidades de arrefecimento para o edifício em estudo são 17,4% das necessidades de arrefecimento máximas admitidas. Este resultado mostra que as soluções construtivas adoptadas são eficientes do ponto de vista energético.

### 6.2.3 . CÁLCULO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS PARA PRODUÇÃO DE AQS ( $N_{ac}$ )

As necessidades energéticas para produção de AQS, é a energia necessária para alimentar o dispositivo de aquecimento da água (em função do seu rendimento), menos a energia obtida por fontes renováveis para o mesmo efeito.

$$(31) \quad N_{ac} = \frac{\left( \frac{Q_a}{\eta} - E_{solar} - E_{ren} \right)}{A_p}$$

Onde:

$Q_a$  – Energia útil dispendida nos sistemas convencionais de produção de AQS;

$\eta$  – Eficiência de conversão do sistema convencional de produção de AQS;

$E_{solar}$  – Contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento de AQS;

$E_{ren}$  – Contribuição de outras formas de energias renováveis para aquecimento de AQS;

$A_p$  – Área útil de pavimento.

A eficiência de conversão do sistema convencional de produção de AQS é 0,90, pois considera-se que o edifício vai dispor de um termoacumulador eléctrico.

#### 6.2.3.1. Energia dispendida nos sistemas convencionais ( $Q_a$ )

A energia que se gasta em sistemas convencionais de produção de AQS, é dada pela seguinte expressão:

$$(32) \quad Q_a = \frac{(M_{AQS} 4187 \Delta T n_d)}{3600000} \quad [kWh / ano]$$

onde:

$M_{AQS}$  – Consumo médio de referência de AQS [l];

$\Delta T$  – Aumento de temperatura necessário para produção de AQS [°C];

$n_d$  – Número anual de dias de consumo de AQS.

O consumo médio de referência é de 40 litros por pessoa e para um edifício com 3 quartos, admite-se que o número de ocupantes é de 4 pessoas (quadro VI.1, RCCTE).

O aumento de temperatura necessária é de 45°C pois considera-se que a água da rede é abastecida a 15°C e a AQS deve ser aquecida a 60°C.

O número anual de dias de consumo, para edifícios deste tipo é 365 dias (quadro VI.2, RCCTE).

Para o edifício em estudo, as necessidades energéticas para produção de AQS são:

Tabela 33 - Necessidades energéticas para produção de AQS

<b>Nº de ocupantes</b> (Quadro VI.1)	4,00	
<b>Consumo médio diário de referência de AQS</b> ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
<b>Aumento de temperatura necessário</b> ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 45°C)	45,00	
<b>Número anual de dias de consumo</b> ( $n_d$ ) (Quadro VI.2)	365,00	
<b>Energia despendida com sistemas convencionais</b> ( $Q_a$ )	3056,51	(kW.h/ano)
<b>Eficiência de conversão do sistema de produção de AQS</b> ( $\eta_a$ ) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,90	
<b><math>E_{solar}</math></b>	3	
<b><math>E_{ren}</math></b>		
<b>Necessidades de energia para produção de AQS, <math>N_{ac}</math></b>	22,69	(kW.h/m².ano)
<b>Valor máximo para as nec. de energia para produção de AQS, <math>N_a</math></b> Artigo 15º, RCCTE	31,60	(kW.h/m².ano)

<sup>3</sup> A contribuição da energia solar para produção de AQS, será abordada num ponto mais adiante.

O cálculo do valor máximo para as necessidades de energia para produção de AQS ( $N_a$ ), foi feito pela seguinte expressão:

$$(33) \quad N_a = \frac{0,081 M_{AQS} n_d}{A_p} \quad [kWh / m^2 \text{ ano}]$$

## 7. OPTIMIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

Depois de verificar a conformidade do edifício em termos energéticos, pela verificação do RCCTE, foram idealizadas 4 variantes do mesmo edifício, adicionando alguns aspectos construtivos que melhoraram a sua performance energética. As diferentes opções que se descrevem nos pontos seguintes, são cumulativas.

### 7.1. OPÇÃO 1 – TECTO FALSO

Foi adicionado ao edifício um tecto falso a 2,4 m de altura, que permitiu reduzir o volume útil a considerar e as áreas úteis das paredes interiores do edifício.

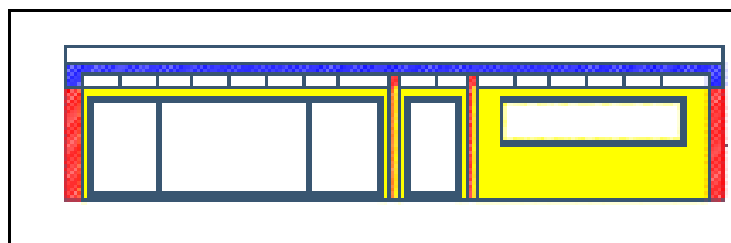


Figura 38 - Pormenor do edifício com o tecto falso

#### 7.1.1 . U DA COBERTURA

Com a adição de um tecto falso, a cobertura passa a ter uma camada de gesso cartonado e uma caixa-de-ar não ventilada, alterando assim o valor do coeficiente de transmissão térmica da cobertura.

A cobertura é constituída por:

1. Gesso cartonado;
2. Caixa-de-ar não ventilada;
3. Laje em betão normal;

4. Camada de regularização (argamassa);
5. Tela de impermeabilização;
6. Isolante XPS (25-40);
7. Tela geotêxtil;

Tabela 34 - Coeficiente de transmissão térmica (U) da cobertura

	d (m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m²°C/W)	R <sub>si</sub> (m²°C/W)	R <sub>se</sub> (m²°C/W)	U (W/m²°C)
Gesso cartonado	0,02	0,25	0,08	0,100	0,040	<b>0,304</b>
caixa ar nv	0,30		0,16			
Laje_betão	0,200	2,000	0,100			
Argamassa_cimento(reg)	0,050	1,300	0,038			
Tela_imp_	0,005	0,140	0,036			
Isolante (XPS_25-40)	0,100	0,037	2,703			
Tela_geotêxtil	0,005	0,140	0,036			

### 7.1.2 . GANHOS ENERGÉTICOS OBTIDOS

Com esta alteração, o edifício aumentou a sua performance energética, pois o tecto falso em gesso cartonado é considerado uma camada estanque, anulando qualquer ponte térmica que se encontre dentro da sua camada. Obteve-se ganhos energéticos ao nível de:

- A inércia térmica do edifício manteve-se forte;
- O factor de forma aumentou;
- Com a diminuição da área útil, diminuíram as perdas pela envolvente exterior;
- Com a diminuição do volume útil, diminuíram as perdas por renovação de ar;
- Com a diminuição da área útil, diminuíram os ganhos úteis totais;
- Diminuíram as necessidades de aquecimento ( $N_{ic}$ );
- Diminuíram as perdas térmicas totais;
- Diminuíram as perdas pelas coberturas exteriores;
- Diminuíram os ganhos solares pela envolvente opaca;
- Diminuíram os ganhos térmicos totais;
- Com o aumento do U da cobertura, aumentaram as necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc}$ ).

A consideração de que o tecto falso é uma camada estanque, induz um erro no cálculo das necessidades energéticas do edifício.

Para ter uma noção da dimensão do erro introduzido, foi feito um cálculo introduzindo as pontes térmicas anuladas pelo tecto falso, afectadas de um  $\tau$  de 0,8, considerando o espaço como um desvão não ventilado (tabela IV.1, RCCTE).

Tabela 35 - Erro introduzido por considerar o tecto falso uma camada estanque

	Comp (m)	$\Psi$ (W/m °C)	$\tau$	W/°C
PTL_fach_cob	48,74	0,5	0,8	19,50
PTL_2_par_verticais	1,4	0,15	0,8	0,17

	Área (m²)	U (W/m² °C)	$\tau$	W/°C
PTP_viga_N	4,104	0,498	0,8	1,64
PTP_viga_S	4,104	0,498	0,8	1,64
PTP_viga_E	3,564	0,498	0,8	1,42
PTP_viga_W	3,564	0,498	0,8	1,42
PTP_pilar_E	0,01	0,498	0,8	0,00
PTP_pilar_W	0,01	0,498	0,8	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>25,78</b>

## 7.2. OPÇÃO 2 – CAVE NÃO HABITADA (ESPAÇO DE AR NÃO VENTILADO)

Foi adicionada ao edifício uma cave não habitada (altura de 0,3 m), totalmente enterrada no solo.

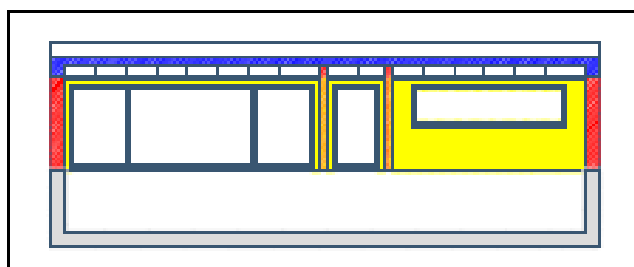


Figura 39 - Pormenor do edifício com tecto falso e cave não habitada

### 7.2.1 . GANHOS ENERGÉTICOS OBTIDOS

As perdas pelo pavimento sobre espaços não úteis são nulas, pois  $A_i/A_u$  tende para infinito, porque a cave está totalmente enterrada no solo. Assim  $A_u = 0$  e o quociente anterior tende para infinito. Pela tabela IV.1 do RCCTE, o valor de  $\tau$  para espaços sem abertura para o exterior e  $A_i/A_u$  maior que 10, é zero. Assim:

- A inércia térmica do edifício manteve-se forte;
- O factor de forma manteve-se;

- As perdas pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo passaram a ser nulas;
- Diminuíram as perdas pela envolvente exterior;
- Diminuíram as necessidades nominais de aquecimento ( $N_{ic}$ );
- Diminuíram as perdas térmicas totais;

### 7.3. OPÇÃO 3 – SÓTÃO NÃO HABITADO (ESPAÇO DE AR NÃO VENTILADO)

Foi adicionado ao edifício um sótão não habitado (espaço de ar não ventilado com 0,3m de altura).

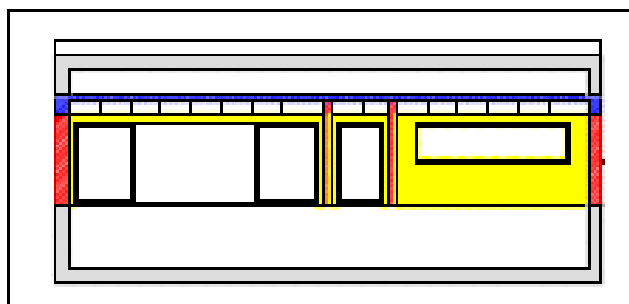


Figura 40 - Edifício com tecto falso, cave não habitada e sótão não habitado

#### 7.3.1 . GANHOS ENERGÉTICOS OBTIDOS

Os principais ganhos obtidos com esta solução, estão no facto de deixar de haver perdas pelas coberturas exteriores e passar a existir perdas por coberturas em contacto com espaços não úteis.

Estas perdas estão afectadas por um  $\tau = 0,8$  pois pela tabela IV.1 do RCCTE e para um  $A_i/A_u$  entre 0 e 1 ( $A_u \gg A_i$ ), para desvão não ventilado temos um valor de  $\tau$  de 0,8.

- A inércia térmica do edifício manteve-se forte;
- O factor de forma diminuiu;
- As perdas pelas coberturas exteriores passaram a ser nulas;
- Diminuíram as perdas pela envolvente exterior;
- Passou a haver perdas pelas coberturas sobre espaços não úteis;
- Passou a haver perdas pela envolvente exterior devido ao ponto anterior;
- Ganhos úteis totais diminuíram;
- Diminuíram as necessidades nominais de aquecimento ( $N_{ic}$ );
- Diminuíram as perdas térmicas totais;
- Diminuíram os ganhos solares pela envolvente opaca;

- Diminuíam os ganhos térmicos totais;
- Diminuíram as necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc}$ ).

#### 7.4. OPÇÃO 4 – ANEXAR A GARAGEM AO EDIFÍCIO PRINCIPAL

O edifício original tinha uma garagem que formava um edifício secundário. Com vista a reduzir as perdas pela envolvente exterior, anexou-se a garagem ao edifício principal.

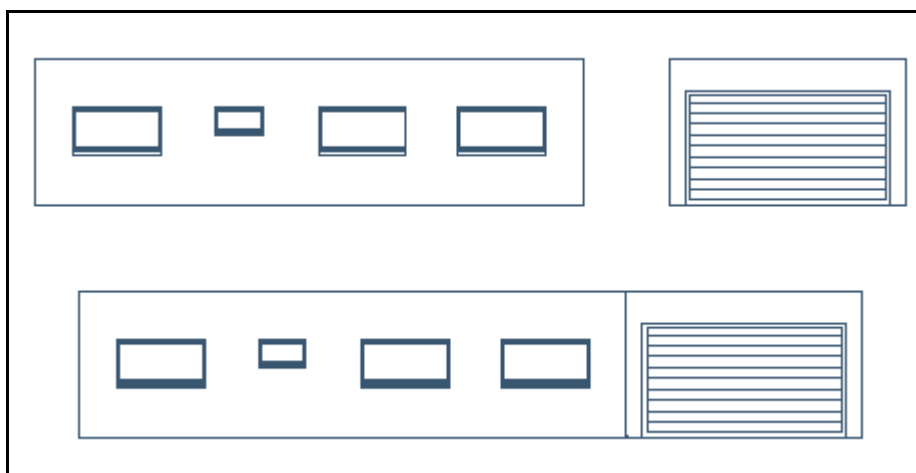


Figura 41 - Anexação da garagem ao edifício principal

A parede passa a ter uma nova tipologia (parede dupla e um coeficiente de transmissão térmica diferente, na área onde a garagem está anexada ao edifício).

Tabela 36 - U da parede dupla da garagem com o edifício principal

	d (m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m²C/W)	R <sub>si</sub> (m²C/W)	R <sub>se</sub> (m²C/W)	U (W/m²C)
Reboco	0,020	1,300	0,015	0,130	0,040	<b>0,336</b>
Tijolo_furado	0,200		0,520			
Isolante (XPS_25-40)	0,060	0,037	1,622			
Cx_ar_não ventilada	0,050		0,110			
Tijolo_furado	0,200		0,520			
Reboco	0,020	1,300	0,015			

##### 7.4.1 . GANHOS ENERGÉTICOS OBTIDOS

Com esta alteração, a parede virada a norte perde alguma da sua área como fachada exterior, passando a ser uma parede em contacto com um lugar não aquecido. As perdas aparecem afectadas por um valor de  $\tau$  de 0,8 (tabela IV.1 do RCCTE, para  $0 < A_i/A_u < 1$ , garagem privada).

- A inércia térmica do edifício manteve-se forte;

- O factor de forma diminuiu;
- Diminuíram as perdas pelas paredes exteriores;
- Diminuíram as pontes térmicas lineares;
- Diminuíram as perdas pela envolvente exterior;
- Passou a existir perdas por paredes em contacto com edifícios adjacentes;
- Passou a existir perdas por pontes térmicas em paredes de separação para espaços não úteis;
- Aumentaram as perdas pela envolvente interior;
- Ganhos úteis totais diminuíram;
- Diminuíram as necessidades nominais de aquecimento ( $N_{ic}$ );
- Diminuíram as perdas térmicas totais;
- Aumentaram as necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc}$ ).



## 7.5. RESUMO DAS ALTERAÇÕES OBTIDAS COM AS DIFERENTES OPÇÕES

		Ed_base	Opção_1	Opção_2	Opção_3	Opção_4
Estação aquecimento - Inverno	Factor de forma	0,654	0,742	0,742	0,659	0,652
	Perdas paredes exteriores (W/°C)	42,29	33,63	33,63	33,63	28,69
	Perdas pavimentos exteriores (W/°C)	0	0	0	0	0
	Perdas coberturas exteriores (W/°C)	49,1	45,51	45,51	0	0
	Perdas paredes e pavimentos em contacto com o solo (W/°C)	58,49	58,49	0	0	0
	Pontes térmicas lineares (W/°C)	40,64	16,06	16,06	16,06	14,63
	Perdas pela envolvente exterior (W/°C)	190,52	153,69	95,2	49,7	43,31
	Perdas paredes em contacto com espaços não úteis ou edifícios adjacentes (W/°C)	0	0	0	0	3,37
	Perdas pavimentos sobre espaços não úteis (W/°C)	0	0	0	0	0
	Perdas coberturas sob espaços não úteis (W/°C)	0	0	0	36,41	36,41
	Perdas vãos envidraçados em contacto com espaços não úteis	0	0	0	0	0
	Pontes térmicas paredes de separação para espaços não úteis com $\zeta > 0,7$ (W/°C)	0	0	0	0	1,58
	Perdas pela envolvente interior (W/°C)	0	0	0	36,41	41,36
	Perdas vãos envidraçados exteriores (W/°C)	77,47	77,47	77,47	77,47	77,47
	Perdas renovação de ar (W/°C)	83,98	73,29	73,29	73,29	73,29
	Ganhos úteis totais (kWh/ano)	9315,34	8640,09	7516,02	7309,62	7276,47
	Necessidades nominais de aquecimento, Nic (kWh/m².ano)	16,77	10,62	5	4,34	4,24
Estação de arrefecimento - Verão	Perdas térmicas totais (kWh)	4441,93	4038,96	4038,96	3239,46	3152,54
	Perdas pelas coberturas exteriores (W/°C)	49,1	45,51	45,51	0	0
	Perdas vãos envidraçados exteriores (W/°C)	77,47	77,47	77,47	77,47	77,47
	Ganhos solares pela envolvente opaca (kWh)	761,2	713,58	713,58	182,04	182,04
	Ganhos solares pelos envidraçados exteriores (kWh)	1068,95	1068,95	1068,95	1068,95	1068,95
	Ganhos internos totais (kWh)	1753,29	1753,29	1753,29	1753,29	1753,29
	Ganhos térmicos totais (kWh)	3583,44	3535,82	3535,82	3004,28	3004,28
	Necessidades nominais de arrefecimento, Nvc (kWh/m².ano)	2,79	3,37	3,37	3,27	3,48
	Necessidade energia produção AQS (kWh/m².ano)	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69
	Necessidades nominais de energia primária (kgep/m².ano)	2,73	2,69	2,65	2,64	2,64

## 8. DETERMINAÇÃO DA OPÇÃO MAIS FAVORÁVEL

A finalidade deste trabalho é conceber uma habitação que, no espaço de um ano, consiga produzir energia suficiente para suprir as suas necessidades.

Com base nas necessidades energéticas calculadas através do RCCTE para cada uma das opções, foi determinada aquela que é mais favorável, ou seja, que num ano consome menos energia.

Tabela 37 - Resumo das necessidades energéticas para cada opção

	Ed. base	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4
<b>N<sub>ic</sub> (kWh/m²ano)</b>	16,77	10,62	5,00	4,34	4,24
<b>N<sub>vc</sub> (kWh/m²ano)</b>	2,79	3,37	3,37	3,27	3,48
<b>N<sub>ac</sub> (kWh/m²ano)</b>	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69
<b>Total (kWh/m²ano)</b>	<b>42,25</b>	<b>36,68</b>	<b>31,06</b>	<b>30,30</b>	<b>30,41</b>

Pela tabela chega-se à conclusão que a opção mais interessante, do ponto de vista energético, é a opção 3 (edifício com tecto falso, cave não habitada e desvão não ventilado). A opção 4, que à partida poderia parecer a mais eficiente, apesar de ter necessidades de aquecimento mais baixas, tem necessidades de arrefecimento mais elevadas e no seu conjunto necessita de mais energia para manter o conforto térmico desejado.

## 9. NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA

Para uma área útil de 149,70 m², temos uma necessidade de 4535,91 kWh/ano. Sabendo que 1kWh equivale a 0,00029 tep (toneladas equivalentes de petróleo) e que 1 tep equivale a 1,241x10<sup>10</sup>J, temos as seguintes necessidades de energia primária:

$$4535,91 \text{ kW / ano} \Leftrightarrow 1,31 \text{ tep / ano} \Leftrightarrow 1,63 \times 10^{10} \text{ J}$$

Tabela 38 - Necessidades energéticas da opção mais eficiente

	kWh / m²ano	kWh / ano	Tep / ano	MJ / ano
<b>N<sub>ic</sub></b>	4,34	649,698	0,188	2339
<b>N<sub>vc</sub></b>	3,27	489,519	0,142	1762
<b>N<sub>ac</sub></b>	22,69	3396,693	0,985	12230
<b>Total</b>	<b>30,30</b>	<b>4535,910</b>	<b>1,315</b>	<b>16331</b>

## 10. SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE AQS

Para produção de AQS, utilizou-se o software SOLTERM, para simular um sistema de colectores solares térmicos.

Para a zona em estudo,

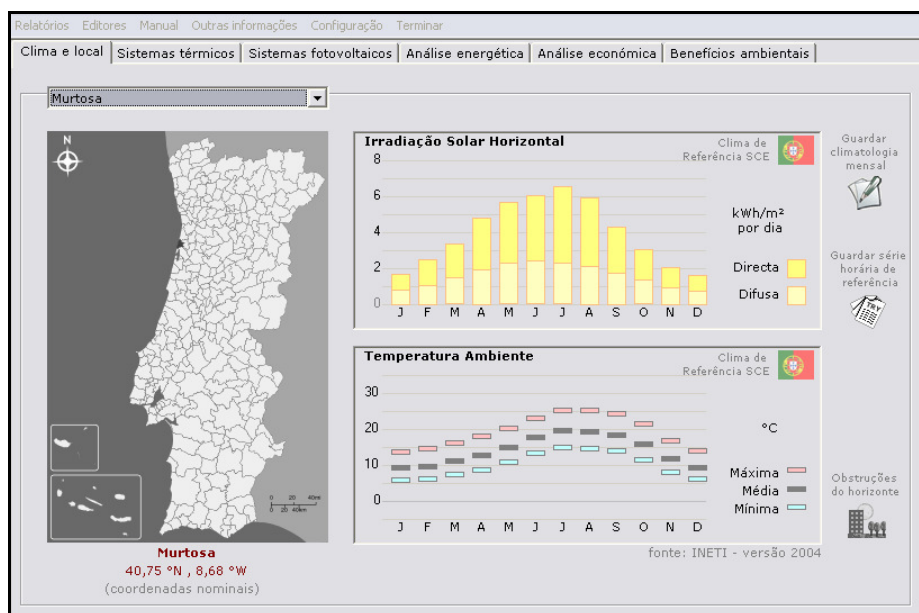


Figura 42 - Dados climatológicos para a zona em estudo

e segundo o RCCTE que estipula uma área de 1m<sup>2</sup> de colector por ocupante do edifício, para produção de AQS, adoptou-se um sistema com 2 colectores planos:

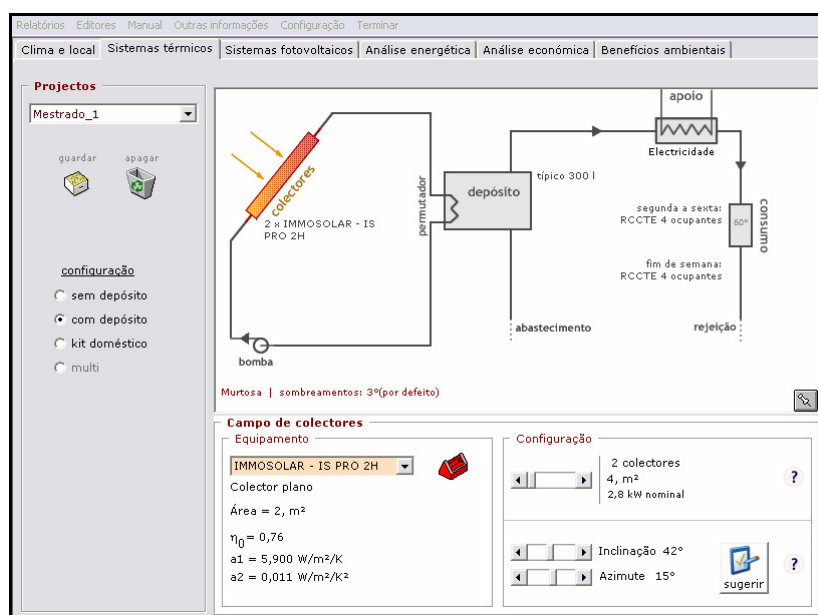


Figura 43 - Especificação do tipo e numero de colectores solares

Especificou-se também o tipo e capacidade do depósito e as características do permutador,

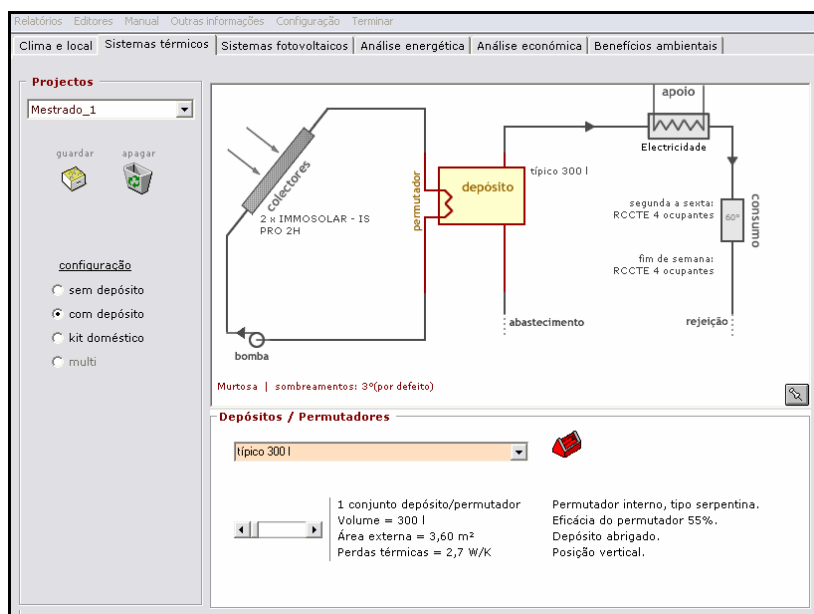


Figura 44 - Tipo e capacidade do depósito e tipo de permutador

Tipo de sistema de apoio,

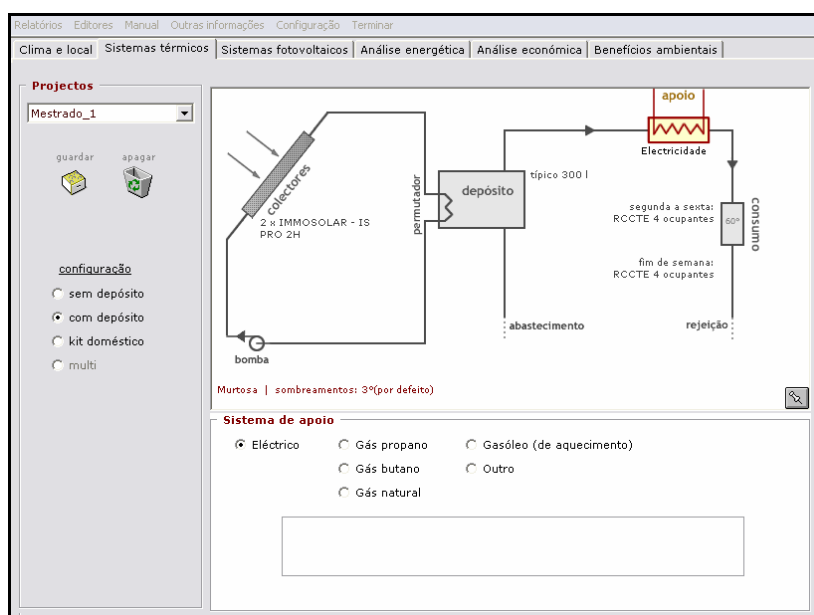


Figura 45 - Tipo de sistema de apoio

Foi definida a carga para AQS utilizando o perfil disponível no SOLTERM para produção de AQS em conformidade com o RCCTE.

**Consumos regulamentares de águas quentes (RCCTE)**

**Parâmetros a declarar**

☒ edifício residencial ☐ edifício de serviços

descrição sumária do edifício: 1 alojamentos 5 ocupantes

Tipologias presentes: 0 T0 0 T1 0 T2 0 T3 1 T4 0 T5 0 T6

Consumos diários de referência

Temperatura da água de abastecimento: 15°C  
Temperatura nominal de consumo: 60°C  
Para preparação de águas quentes: **200 l (10,5 kWh)**

**Compatibilidade RCCTE**

☒ usar no Projecto e ajustar o restante deste de acordo com valores de referência do RCCTE e boas práticas

guardar e usar sair (apenas)

Figura 46 - Perfil de consumos de AQS em conformidade com o RCCTE

Depois de definidos os parâmetros do sistema, foi feita a análise energética, tendo sido obtidos os seguintes resultados:

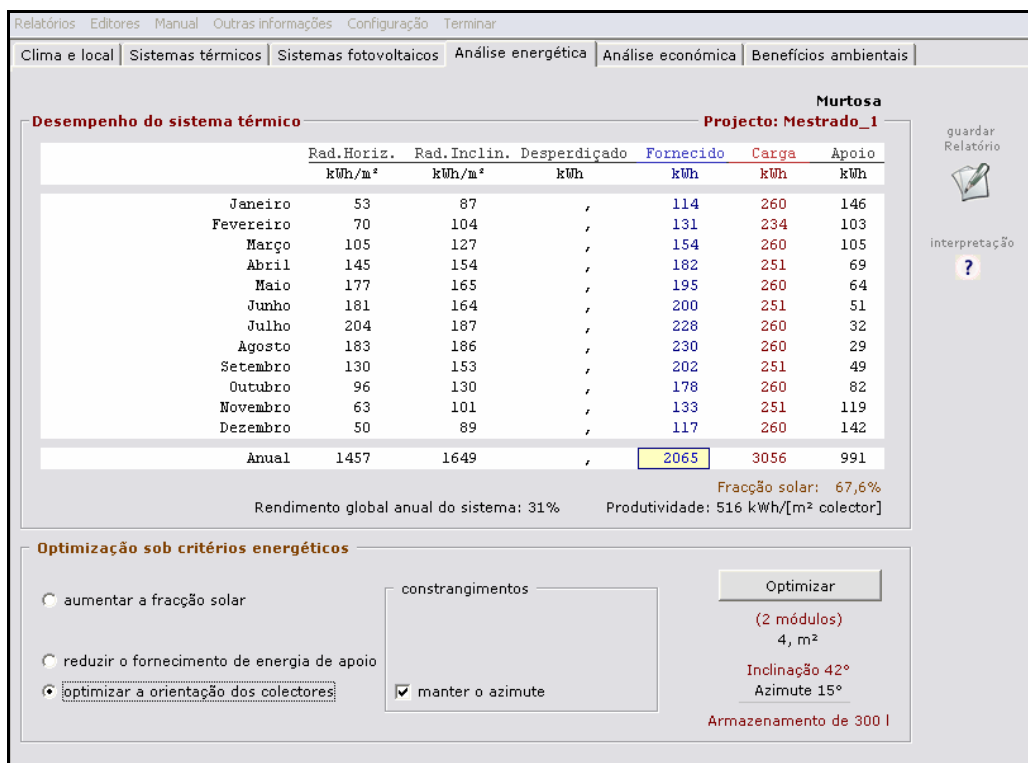


Figura 47 - Análise energética para a carga definida

Para o sistema de colectores definido e para uma posição de instalação otimizada com uma inclinação de 42° e a 15° do azimuth Sul, o sistema fornece 2065 kWh, dos 3056 kWh necessários para suprir as necessidades energéticas para produção de AQS (68%).

O sistema de apoio (resistência eléctrica) tem que fornecer 991 kWh para suprir as necessidades de AQS (32%).

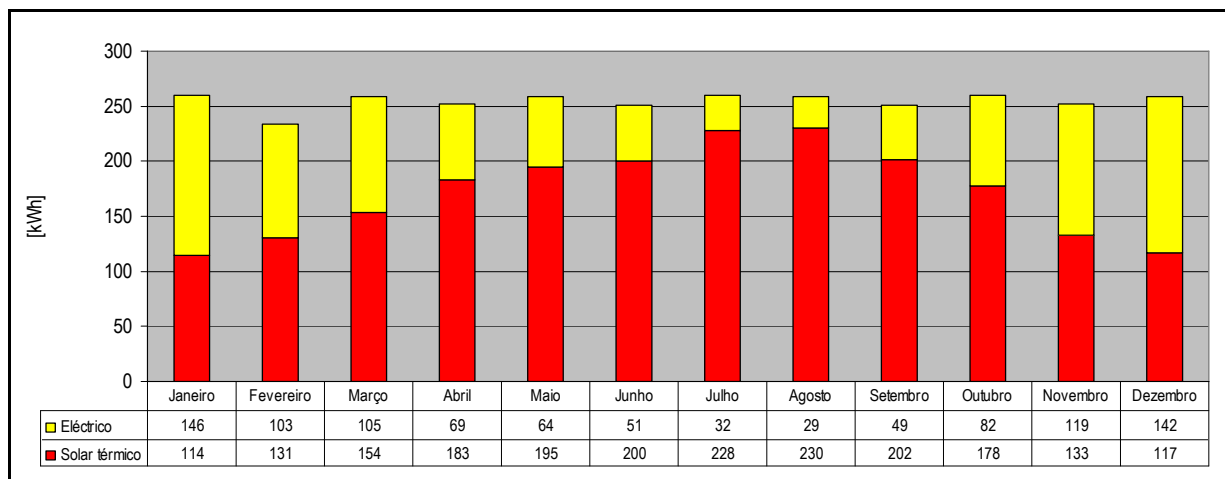


Gráfico 9 - Contribuição do solar térmico para as necessidades mensais de AQS

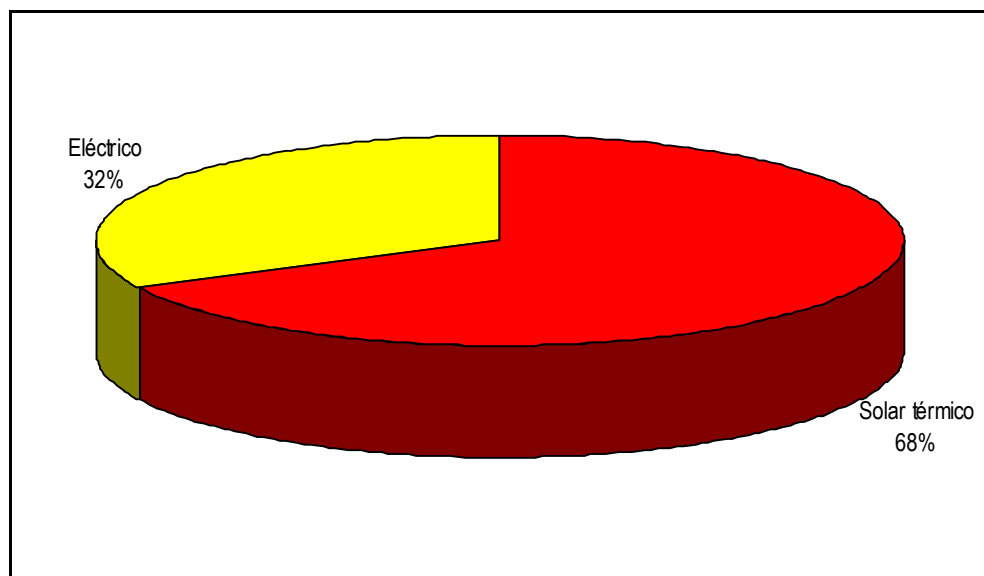


Gráfico 10 - Parcela de energia solar térmica nas necessidades anuais de AQS

## 10.1. VIABILIDADE ECONÓMICA

Relatórios Editores Manual Outras informações Configuração Terminar

Clima e local | Sistemas térmicos | Sistemas fotovoltaicos | Análise energética | **Análise económica** | Benefícios ambientais

**Dados técnico-económicos**

Área do painel 4,0 m<sup>2</sup>

Preço do sistema solar: **3000 €**

Componente fixa 600 €

Componente variável 600 € / m<sup>2</sup>

Incentivos: **0 €**

Componente fixa 0 €

Componente variável 0 € / m<sup>2</sup>

Vida útil do sistema solar 20 anos

Manutenção anual 0,5% do custo do sistema

Renovação de componentes 1,0% do custo do sistema

Valor residual 0,0% do custo do sistema

Preço da electricidade substituída 0,100 € / kg (0,100 €/kWh)

**Analisar interesse...**

☒ ...versus uma aplicação financeira segura alternativa ☐ ...de contrair um empréstimo bancário

**Cenário financeiro sobre 20 anos**

Inflação 2,0% ao ano

Deriva do preço da energia substituída 2,0 % acima da inflação

Rendimento de aplicação segura alternativa 6,0% ao ano

**Análise do investimento em termos financeiros**

**Sistema solar**

Investimento inicial: -3000 €

Valor residual: 0 €

Custos energéticos evitados: 6148 €

Reinvestimentos: 4028 €

Manutenção: -372 €

Reparações: -37 €

**Saldo final: 6767 €**

Recuperação do capital em 15 anos

**VAL: 1554 €**

Rentabilidade: 4,1 % ao ano

**Aplicação alternativa**

Capital: -3000 €

Restituição: 3000 €

Rendimentos: 6621 €

**Saldo final: 9621 €**

**VAL: 3475 €**

Rentabilidade: 6,0% ao ano

Avaliação: Investimento em energia solar compensador nestas condições

Optimização

guardar Análise

Figura 48 - Análise de viabilidade económica

Para um preço do sistema de €3000 e um tempo de vida útil de 20 anos, o “pay-back” é de 15 anos, assegurando uma rentabilidade de 4,1% ao ano. No fim dos 20 anos, além de o investimento estar pago, ainda existe um lucro de €6767.

## 10.2. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

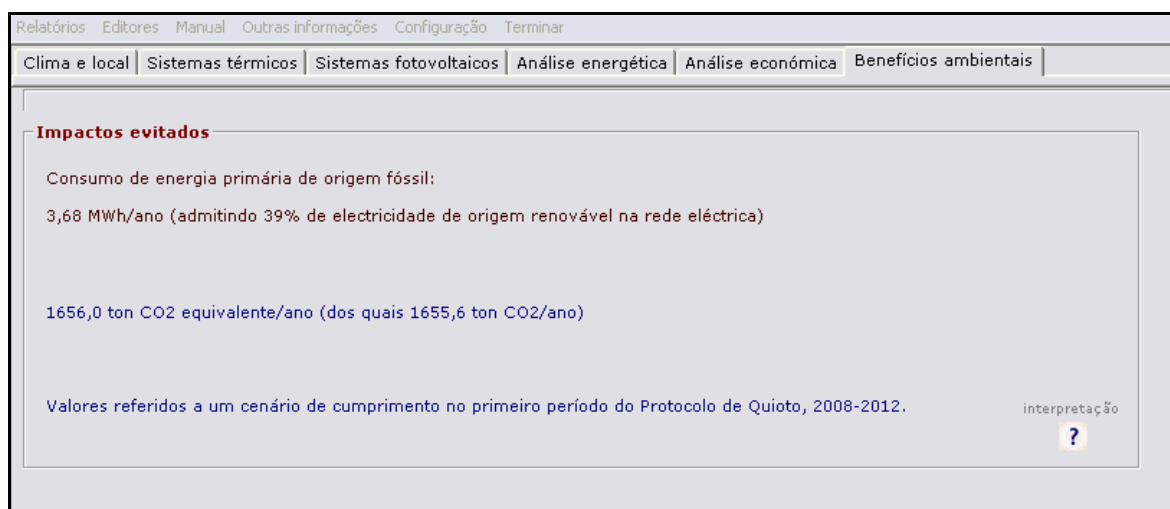


Figura 49 - Benefícios ambientais do sistema projectado

Com a utilização deste sistema, é evitada a emissão de 1656 toneladas de CO<sub>2</sub>, por ano, para atmosfera.

## 11. NECESSIDADES DE ENERGIA ELÉCTRICA

Para prever os consumos mensais de energia eléctrica do edifício em estudo, foi feita uma inventariação de dispositivos de iluminação, electrodomésticos e outros equipamentos, bem como o tempo de utilização diária de cada um deles, para se calcular o consumo mensal de energia eléctrica do edifício.



### 11.1. PERFIL CONSUMOS DIÁRIOS DE ENERGIA ELÉCTRICA

O perfil de consumos diários de energia eléctrica em iluminação e outros equipamentos (electrodomésticos) foi calculado para uma ocupação de 4 pessoas, no Inverno e no Verão e está pormenorizado nos pontos 6 e 7 da secção anexos.

Tabela 39 - Consumos eléctricos diários

	Inverno	Verão
kWh/dia	8,2	7,5

### 11.2. CLIMATIZAÇÃO

Para garantir a climatização do edifício de Inverno e de Verão tem que ser instalado um sistema de ar condicionado.

Foi considerado o sistema de ar condicionado MXZ4A71VA da MITSUBISHI, classe A, composto por 4 unidades interiores, com um COP (Coefficient Of Performance) de arrefecimento de 3,44 e um COP de aquecimento de 4,13. [27]

O COP relaciona a energia consumida com a energia fornecida pelo sistema. Neste caso, o sistema consome 0,29kWh eléctrico para produzir 1 kWh de arrefecimento e 0,24 kWh eléctrico para produzir 1 kWh de aquecimento.

Tabela 40 - Consumo do sistema de AC

	kWh/m <sup>2</sup> ano	kWh/ano	Consumo AC (kWh/ano)
Nic	4,34	650	157,4
Nvc	3,27	490	142,5

### 11.3. PRODUÇÃO DE AQS

Como foi visto na simulação do SOLTERM, o sistema de colectores solares térmicos não é auto-suficiente e o sistema de apoio (resistência eléctrica), vai ter que fornecer energia para que a necessidade energética para produção de AQS seja totalmente suprida.

Tabela 41 - Consumo do sistema de apoio para produção de AQS

	Colector solar (kWh/ano)	Resistência eléctrica (kWh/ano)
AQS	2065	991

## 11.4. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE INVERNO

Consideraram-se meses de Inverno todos excepto Junho, Julho, Agosto e Setembro.

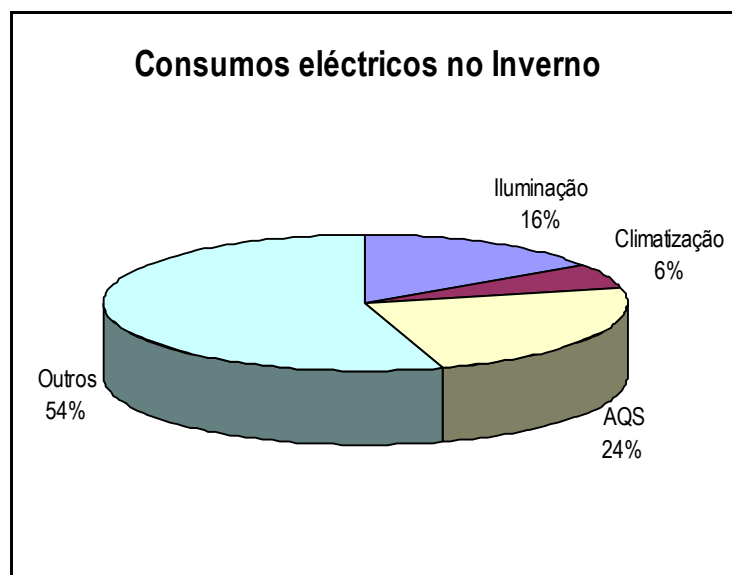


Gráfico 11 - Consumos de energia eléctrica no Inverno

Tabela 42 - Consumos eléctricos de Inverno

INVERNO			
	kWh/ano	tep/ano	MJ/ano
<b>Iluminação</b>	430	0,125	1551
<b>Climatização</b>	157	0,045	558
<b>AQS</b>	661	0,192	2383
<b>Outros</b>	1503	0,436	5411
<b>TOTAL</b>	<b>2751,4</b>	<b>0,798</b>	<b>9903</b>

## 11.5. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE VERÃO

Consideraram-se meses de Verão, Junho, Julho, Agosto e Setembro.

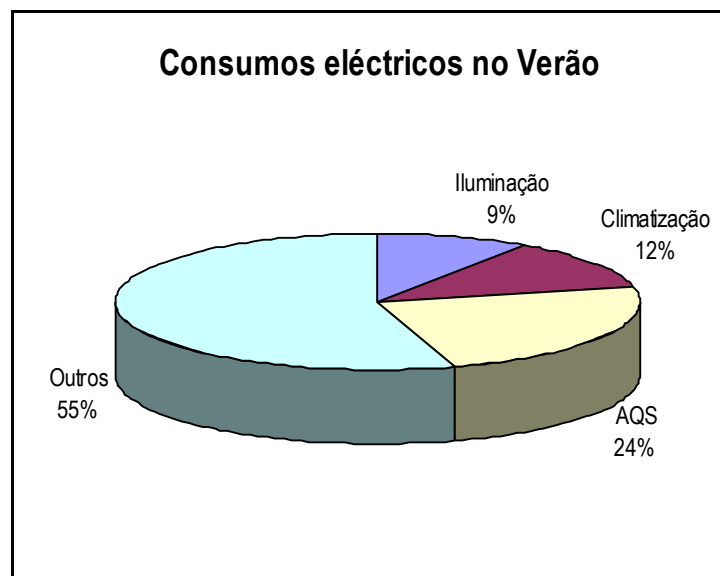


Gráfico 12 - Consumos de energia eléctrica no Verão

Tabela 43 - Consumos eléctricos de Verão

VERÃO			
	kWh/ano	tep/ano	MJ/ano
Iluminação	130	0,038	468
Climatização	163,5	0,047	589
AQS	330	0,096	1188
Outros	752	0,218	2707
<b>TOTAL</b>	<b>1375,5</b>	<b>0,399</b>	<b>4952</b>

## 11.6. CONSUMO POR TIPO NO INVERNO E NO VERÃO

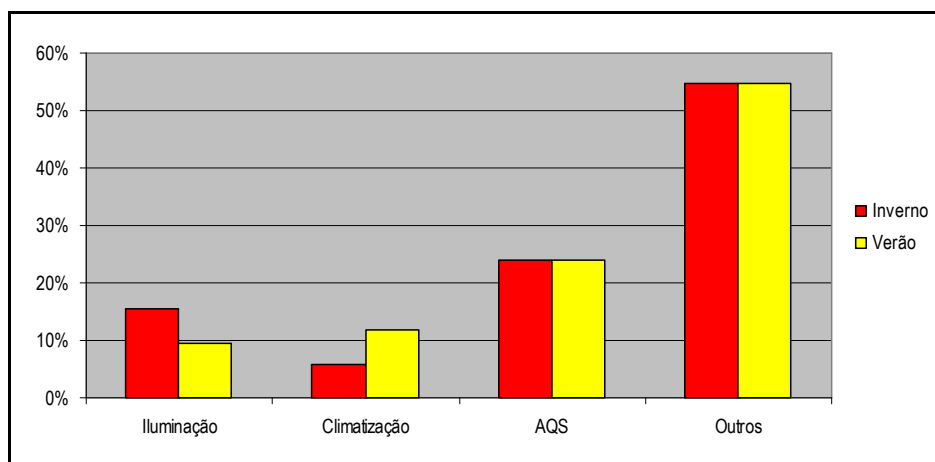


Gráfico 13 - Consumo por tipo no Inverno e no Verão

## 11.7. PERFIL DIÁRIO DE CONSUMOS ELÉCTRICOS TOTAIS

Para chegar ao perfil de consumos eléctricos totais, foi considerado que a estação de Inverno tem a duração de 8 meses e que a estação de verão tem a duração de 4 meses (RCCTE).

Para a climatização foi considerado ainda que de Inverno a casa vai aquecer durante 7 horas (6, 7, 20, 21, 22, 23, 24 horas) e de Verão a casa vai ser arrefecida também durante 7 horas (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 horas).

Tabela 44 - Consumo eléctrico horário para climatização

CLIMATIZAÇÃO				
	kWh/ano	kWh/mês	kWh/dia	kWh
Inverno	157,4	19,675	0,656	0,094
Verão	142,5	35,625	1,188	0,170

Para produção de AQS, os consumos de Inverno e Verão são constantes e diariamente as necessidades dividem-se por três horas (7, 18 e 19 horas)

Tabela 45 - Consumo eléctrico horário para produção de AQS

PRODUÇÃO AQS			
kWh/ano	kWh/mês	kWh/dia	kWh
991	82,583	2,753	0,918

Na tabela seguinte é apresentado o consumo de electricidade diário para o Inverno e para o Verão e a hora de pico de consumo.

Tabela 46 - Consumo eléctrico diário e hora de pico

		Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Inverno	Eq./Ilum.(Wh)		44	44	44	44	44	44	44	1988,4	44	44	44	44
	Clim.(Wh)								94	94				
	AQS(Wh)									918				
	TOTAL(Wh)		44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	138,00	3000,4	44,00	44,00	44,00	44,00
Verão	Eq./Ilum.(Wh)		44	44	44	44	44	44	44	1742	44	44	44	44
	Clim.(Wh)													
	AQS(Wh)									918				
	TOTAL(Wh)		44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	2660,00	44,00	44,00	44,00	44,00
		Horas	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Inverno	Eq./Ilum.(Wh)		44	44	44	44	44	44	616,2	1284,5	605	1599	1089,6	232
	Clim.(Wh)										94	94	94	94
	AQS(Wh)								918	918				
	TOTAL(Wh)		44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	1534,20	2202,50	699,00	1693,00	1183,60	326,00
Verão	Eq./Ilum.(Wh)		44	44	44	44	44	44	609	1096,5	428	1384	1231,6	232
	Clim.(Wh)				170	170	170	170	170	170				
	AQS(Wh)								920	920				
	TOTAL(Wh)		44,00	44,00	214,00	214,00	214,00	214,00	1699,00	2186,50	598,00	1384,00	1231,60	232,00

O consumo mensal de energia eléctrica é apresentado na tabela seguinte,

Tabela 47 - Consumo mensal de energia eléctrica (kWh/ano)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (kWh)
Cons (kWh)	344,5	344,5	344,5	344,5	344,5	342,6	342,6	342,6	342,6	344,5	344,5	344,5	4127

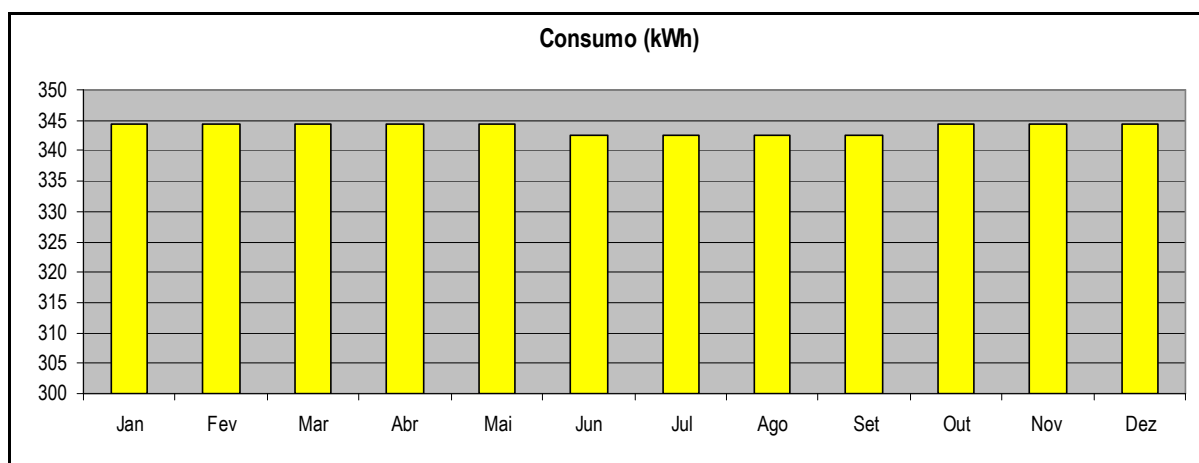


Gráfico 14 - Consumo mensal de energia eléctrica (kWh/ano)

o que corresponde a 1,20 tep/ano <sup>4</sup>.

## 12. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

O sistema de produção de energia eléctrica foi dimensionado para produzir a energia consumida pela habitação, ou seja, 4,127 MWh/ano.

Com base no DL n.º 363/2007 de 2 de Novembro, foi escolhido um sistema de produção de energia por painéis fotovoltaicos, por ser o que apresenta as tarifas de venda de energia mais elevadas (artigo 11º, alínea 5.a) [28]

O mesmo decreto-lei prevê dois regimes de remuneração, o geral e o bonificado. O primeiro para a generalidade das instalações e o segundo desde que o edifício disponha também de colectores solares térmicos para produção de AQS, a potência de ligação da instalação à rede não seja superior a 3,68 kW. Ainda neste regime, que é o mais aliciente, a electricidade vendida é limitada a 2, 4 MWh/ano por cada kW instalado.[28]

---

<sup>4</sup> 1kWh = 0,00029 tep

O produtor de electricidade não pode injectar na rede eléctrica mais de 50% da potência contratada para a instalação eléctrica de utilização.[28]

Depois de analisado o decreto-lei supra referido, chegou-se à conclusão que a melhor estratégia para tornar economicamente viável a instalação, era vender à rede pública a totalidade da energia produzida.

Foi utilizado o software de simulação RETScreen International, que permitiu avaliar a área necessária e a viabilidade económica da instalação.

## 12.1. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Foi projectado um sistema tal que,

$$E_{Consumida} - E_{Produzida} = 0$$

Com,

$E_{consumida}$  – Energia consumida pela habitação durante um ano.

$E_{produzida}$  – Energia produzida pela instalação durante um ano.

Sendo assim, o sistema de produção de energia foi dimensionado para produzir 4127 kWh/ano (4,13 MWh/ano) de energia.

Foi considerado que a potência contratada na instalação eléctrica de utilização é de 5,75 kW (considerou-se 1kVA é igual a 1 kW), o que permite ter um sistema de produção de energia eléctrica com uma potência de metade deste valor, ou seja, 2,87 kW.

Para produzir 4,13 MWh/ano de energia, o sistema tem as seguintes características:

Tabela 48 - Características do sistema fotovoltaico

Tipo de Colector	Photowatt/PW 1650 – 175W – 24V
Eficiência do colector	13,1%
Área de colectores	20,8 m <sup>2</sup>
Potência nominal da instalação	2,72 kW

O sistema assim constituído, produz uma quantidade total de energia eléctrica anual de 4127 kWh, distribuído mensalmente como ilustra a seguinte tabela.

Tabela 49 – En

energia produzida mensalmente pelo sistema fotovoltaico (kWh)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (kWh)
Prod_PV (kWh)	186	236	358	404	433	431	468	446	358	311	245	251	4127

No gráfico que se apresenta de seguida, é feita a relação entre a energia consumida e a energia produzida mensalmente, durante um ano.

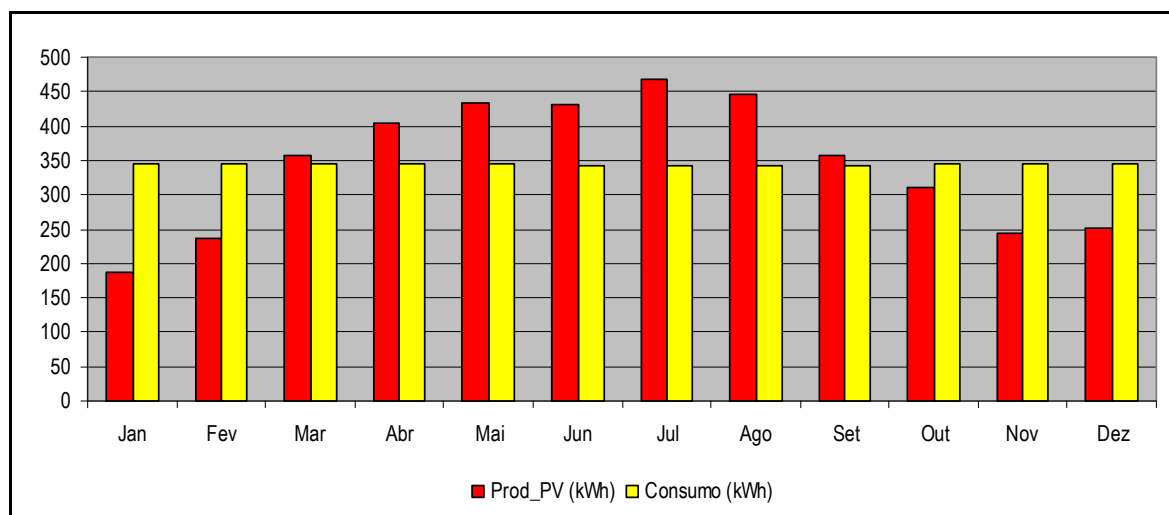


Gráfico 15 - Energia produzida e energia consumida pela habitação

Para um sistema de 2,72 kW, é possível injectar na rede um máximo de 6,5 MWh/ano, para que a instalação esteja no regime bonificado. Como a instalação projectada injecta na rede 4,13 MWh/ano de energia eléctrica, cumpre os requisitos do regime bonificado.

## 12.2. VIABILIDADE ECONÓMICA

O custo total do sistema é de €22613, incluindo instalação e estrutura de suporte dos painéis fotovoltaicos.

A remuneração atribuída à energia eléctrica pelo regime bonificado a instalações fotovoltaicas é o seguinte: [28]

- €650/MWh para os primeiros 10 MW de potência de ligação registados a nível nacional;
- Redução de 5% na tarifa aplicável, por cada 10 MW adicionais de potência de ligação registada a nível nacional.

Foram considerados dois cenários possíveis para o estudo de viabilidade económica, o primeiro com uma tarifa de €650/MWh e o segundo com uma tarifa de €617,5/MWh (considerando que a

potência de ligação a nível nacional já ultrapassa os 10MW e uma consequente redução de 5% na tarifa aplicável).

Como condições de simulação, foram consideradas as seguintes:

- Taxa de inflação de 2,5%;
- Actualização do preço da energia de 5% ao ano;
- Tempo de vida do investimento de 25 anos.

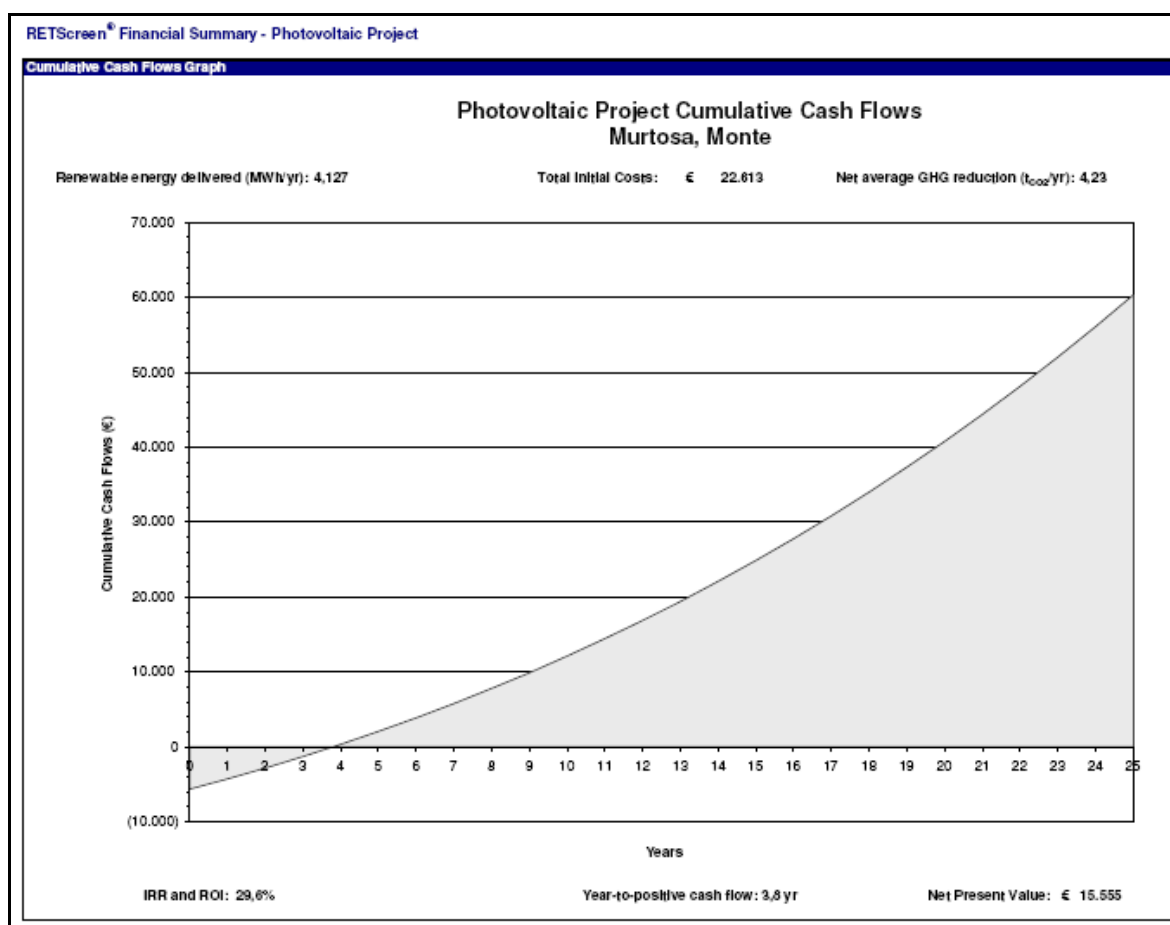


Gráfico 16 - Recuperação de investimento para tarifa de €650/MWh (RETScreen International)

No primeiro caso (Sit<sub>1</sub>), a recuperação do investimento é feita em 3,8 anos e no final dos 25 anos, apresenta um *cash-flow* acumulado de €60315.



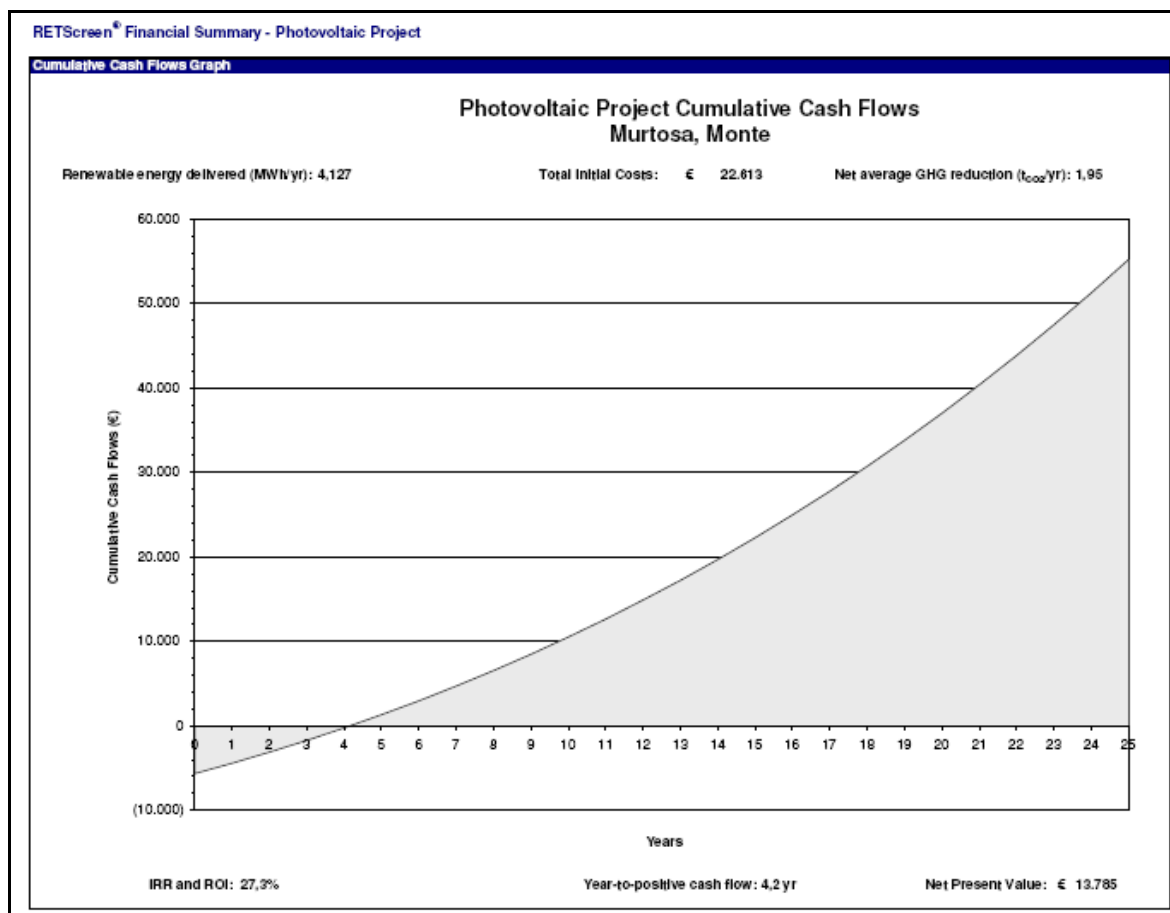


Gráfico 17 - Recuperação de investimento para tarifa de €617,5/MWh (RETScreen International)

No segundo caso (Sit\_2), a recuperação do investimento é feita em 4,2 anos e no final dos 25 anos, apresenta um *cash-flow* acumulado de €55201.

Pela análise dos dois gráficos, chegou-se à conclusão que qualquer uma das situações é economicamente viável e permitem encaixar, ao fim dos 25 anos, um montante aliciante para um projecto deste género.

Tabela 50 - Indicadores de viabilidade económica do projecto

Indicador		Sit_1	Sit_2
Taxa interna de rentabilidade (TIR)	%	29,6%	27,3%
Prazo de recuperação de capital	Ano	8,4	8,9
Ano de cash-flow positivo	Ano	3,8	4,2
Valor actual líquido (VAL)	€	15.555	13.785
Custo-benefício	-	3,75	3,44

### 13. EMISSÕES DO EDIFÍCIO

Os sistemas de produção de energia através de fontes renováveis, quer seja para produção de AQS ou para produção de energia eléctrica, evitam emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, originadas pelo consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis.

Tabela 51 - Emissões de CO<sub>2</sub> evitadas por ano

	Emissão de CO <sub>2</sub> evitada (ton/ano)
AQS	1656
Fotovoltaico	4,23

## 14. CONCLUSÃO

Estamos numa época em que ouvimos, diariamente, apelos à poupança de energia, não só devido a aspectos económicos, mas também ambientais.

O sector dos edifícios é um dos grandes consumidores de energia em Portugal e por isso o projecto de novos edifícios e grandes reabilitações, tem que ir para além da funcionalidade e da estética e tem que ter preocupações energéticas.

Portugal importa uma grande fatia da energia que consome e por isso a factura a pagar é grande.

No projecto de um edifício, uma boa orientação geográfica é fundamental para a redução dos consumos energéticos. Um edifício correctamente orientado a Sul, além do enorme aproveitamento directo da radiação solar, que lhe reduz as necessidades de aquecimento e iluminação, proporciona a instalação de sistemas de aproveitamento de energias renováveis sem recorrer a estruturas inestéticas.

Outra das grandes preocupações a ter é projectar edifícios bem isolados, mas com sistemas de ventilação, natural ou mecânica, capazes de garantir o conforto térmico dos seus utilizadores, bem como evitar o aparecimento de humidades, patologia que no nosso clima é bastante frequente.

Se os nossos edifícios forem projectados com estas preocupações, podemos suprir grande parte das suas necessidades energéticas.

Outro dos aspectos a ter em conta é o tipo de equipamentos que escolhemos para equipar uma habitação. Devemos escolher os equipamentos de classe A ou A+, mesmo que sejam um pouco mais dispendiosos do que os de classes menos eficientes. São estes os que permitem uma maior poupança de energia e cuja diferença de preço se paga a curto/médio prazo.

Na iluminação deve-se fazer uma aposta clara na iluminação solar directa, através de envidraçados duplos e caixilharia com corte térmico, para manter o bom nível de isolamento térmico da habitação.

Com a emergência das tecnologias de aproveitamento de energias renováveis, são muitas já as que podem ser aplicadas num edifício. Desde o solar térmico, para produção de água quente sanitária, solar fotovoltaico e eólico, para produção de energia eléctrica, até às caldeiras de biomassa para aquecimento ambiente, muitas são as tecnologias disponíveis no mercado.

Um aspecto que trava a maior adesão a estas tecnologias, é o investimento inicial necessário para as adquirir e a dificuldade em perceber a sua eficiência. A informação, apesar de existir, é

muito vaga e quando pretendemos esclarecimentos mais técnicos, remetem-nos para softwares de simulação, que por si só não dão respostas às dúvidas da população em geral.

Com a entrada em vigor do novo RCCTE e com a obrigatoriedade das auditorias energéticas aos novos edifícios e grandes remodelações, as características térmicas dos edifícios em Portugal vão melhorar em termos de performance e a poupança energética e ambiental vão-se sentir.

Conseguir projectar um edifício auto-sustentável, é uma tarefa iterativa e que feita manualmente, é muito fastidiosa. Com a sensação de que recomeçando faria muitas coisas de outra maneira (espessuras de isolamento sobretudo), julgo que qualquer que fosse o resultado, chegaria ao final sempre com a sensação de que qualquer coisa havia que poderia ser melhorada.

## **15. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como se trata de uma área em franca evolução, existem ainda muitas temáticas merecedoras de atenção, das quais destaco:

- Desenvolver um trabalho sobre produção de energia tendo a energia eólica como FER, para aplicações de baixa potência. Fazer um estudo de viabilidade técnica e económica para uma aplicação deste tipo para suprir as necessidades de energia eléctrica numa habitação unifamiliar.
- Fazer um estudo de viabilidade técnica e económica para caldeiras a biomassa para colmatar as necessidades de aquecimento ambiente e a produção de AQS em edifícios de habitação.
- Fazer um estudo das condições de iluminação e arranjar soluções técnicas para otimizar o aproveitamento da iluminação natural. A iluminação representa, no estudo apresentado, 9 – 16% (no Inverno e no Verão, respectivamente) do consumo eléctrico total do edifício.
- Aumentar a espessura do isolamento das fachadas de um edifício, aumenta o seu desempenho energético. Fazer um estudo energético e económico para avaliar qual a espessura máxima de isolamento que mantém a solução economicamente viável.

## 16. REFERÊNCIAS

- [1] <http://www.dgge.pt/>, última consulta em 2007/09/07
- [2] You&us – Revista da AXA Portugal, Ago/Set 2007
- [3] [www.ine.pt](http://www.ine.pt), última consulta em 2007/09/05
- [4] Silva, S., & Almeida, M. [2003]. Avaliação do Impacto Energético de Diferentes Soluções Construtivas. Engenharia Civil da Universidade do Minho, 45-61.
- [5] Balaras, C., Gaglia, A., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., & Lalas, D. [2007]. European Residential Buildings and Empirical Assessment of the Hellenic Building Stock, Energy Consumption, Emissions and Potential Energy Savings. Building and Environment, 1298-1314.
- [6] Çakmanus, I. [2007]. Renovation of Existing Office Buildings in Regard to Energy Economy: An example from Ankara, Turkey. Building and Environment.
- [7] Simões, Fausto; “Casal do Cónego – Uma casa solar passiva, Previsões e resultados”.
- [8] <http://www.lismeteo.org/arq/>, última consulta em 2007/09/18
- [9] [www.construlink.com](http://www.construlink.com), última consulta em 2007/09/19
- [10] <http://www.deetc.isel.ipl.pt/jetc05/CCTE02/papers/finais/civil/110.pdf>, última consulta em 2007/09/20
- [11] <http://www.iges.or.jp/en/news/event/>, última consulta em 2007/09/20
- [12] Fórum energias renováveis em Portugal
- [13] <http://www.ageneal.pt>, última consulta em 2007/09/07
- [14] [http://www.energiasrenovaveis.com/html/energias/solar\\_tecnologias.asp](http://www.energiasrenovaveis.com/html/energias/solar_tecnologias.asp), última consulta em 2007/11/11.
- [15] Instalações solares térmica, INETI, Outubro de 2006.
- [16] <http://verdesolar.com/technicalinfodetail.aspx>, última consulta em 2007/11/11.
- [17] <http://spes.pt>, última consulta em 2007/09/15
- [18] M.G. Castro, Rui; Introdução à energia Eólica, Março de 2007 (3ª edição). Instituto Superior Técnico.
- [19] Energia eólica em Portugal 2006, Janeiro 2007, REN.
- [20] D.L. n.º 80/2006 de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE).
- [21] W.P. Jones, Butterworth Heinemann, 2001; “*Air conditioning Engeneering*”, 5<sup>th</sup> edition.

- [22] Gonçalves, Hélder; Mariz Graça, João, “Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal”.
- [23] Pina dos Santos, Carlos A.; Matias, Luís, “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios”, LNEC.
- [24] D.L. n.º 79/2006 de 4 de Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).
- [25] ISO/FDIS 13790:2006, “*Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling*”
- [26] NP 1037 – 1, Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás; Parte1: Edifícios de habitação. Ventilação natural.
- [27] Catálogo de produtos da MITSUBISHI ELECTRICS, 2007.
- [28] D.L. n.º 363/2007 de 2 de Novembro, Instalações de microprodução de energia eléctrica através de fontes de energia renováveis e venda à rede pública.

# ANEXOS

## 1. VERIFICAÇÃO RCCTE Ed\_BASE

### Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_P_ext_01_N	26,68	0,414	11,05
P_P_ext_01_S	11,36	0,414	4,70
P_P_ext_01_E	19,98	0,414	8,27
P_P_ext_01_W	24,51	0,414	10,15
PTP_pilar_N	0,000	0,498	0,00
PTP_pilar_S	0,000	0,498	0,00
PTP_pilar_E	0,49	0,498	0,24
PTP_pilar_W	0,49	0,498	0,24
PTP_viga_N	4,10	0,498	2,04
PTP_viga_S	4,10	0,498	2,04
PTP_viga_E	3,56	0,498	1,77
PTP_viga_W	3,56	0,498	1,77
TOTAL			42,29

Pavimentos Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			0,00

Coberturas Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_cob_ext_coz	19,30	0,328	6,33
P_cob_ext_lav	4,50	0,328	1,48
P_cob_ext_sala	53,00	0,328	17,38
P_cob_ext_corr	17,70	0,328	5,81
P_cob_ext_esc	4,00	0,328	1,31
P_cob_ext_wc_princ	4,20	0,328	1,38
P_cob_ext_wc_s	6,50	0,328	2,13
P_cob_ext_suite	15,30	0,328	5,02
P_cob_ext_q1	12,40	0,328	4,07
P_cob_ext_q2	12,80	0,328	4,20
TOTAL			49,10



Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	$\psi.B$ (W/°C)
Pav_solo_isol_N	13,02	1,20	15,62
Pav_solo_isol_S	13,24	1,20	15,89
Pav_solo_isol_E	11,02	1,20	13,22
Pav_solo_isol_W	11,46	1,20	13,75
<b>TOTAL</b>			<b>58,49</b>

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	$\psi.B$ (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	48,74	0,30	14,62
Fachada com os pavimentos			0,00
Fachada com pavimentos intermédios			0,00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	48,74	0,50	24,37
Fachada com varanda			0,00
Duas paredes verticais	11,00	0,15	1,65
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	0,00	0,00	0,00
Outras			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>40,64</b>

**Perdas pela envolvente exterior  
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>190,52</b>
--------------	---------------

#### Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
<b>Verticais:</b>			
Env_N	5,22	2,10	10,96
Env_S	21,08	2,10	44,27
Env_E	7,02	2,10	14,75
Env_W	3,57	2,0	7,50
<b>TOTAL</b>			<b>77,47</b>

## Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		149,70	(m <sup>2</sup> )
		x	
Pé-direito médio		2,75	(m)
		=	
Volume interior	(V)	411,67	(m <sup>3</sup> )

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1?	(S ou N)	S	se SIM:	RPH =	0,60
Se NÃO:					
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)				
Caixas de Estore	(S ou N)				
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)				
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)				
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)				
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)				

Taxa de Renovação Nominal:  
 Ver Quadro IV.1  
 RPH =

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação	Vins - (m <sup>3</sup> /h)			
Caudal Extraído	Vev - (m <sup>3</sup> /h)			
Diferença entre Vins e Vev	(m <sup>3</sup> /h)		/	
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i>	Vx - (h <sup>-1</sup> )			
Recuperador de calor	(S ou N)			
Taxa de Renovação Nominal	(mínimo: 0,6)			
Consumo de Electricidade para os ventiladores				

Vf =   
 V =   
 (volume int) RPH (\*\*)

se SIM, η =   
 se NÃO, η =   
 (Vf / V + Vx) · (1 - η)

(Ev = Pv × 24 × 0,03 × M (kWh))

Volume	411,67	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,60	
	x	
	0,34	
	=	
<b>TOTAL</b>	<b>83,98</b>	(W/°C)

**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)****Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
Env_N	Duplo	5,22	0,27	0,78	0,90	0,70	0,90	0,62
Env_S	Duplo	21,08	1,00	0,78	0,90	0,70	0,90	9,32
Env_E	Duplo	7,02	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	1,74
Env_W	Duplo	3,57	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	0,88

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

12,57

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G<sub>sol</sub>)

na zona

I1

(kWh/m².mês)

108,00

x

Duração da estação de aquecimento

(meses)

6,30

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

8552,00

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios	4,0	(W/m²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,30	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	149,70	(m²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2716,16	(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

11268,16

Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)

11826,25

Inércia do edifício:

3,00

a =

4,2

γ =

0,953

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

0,827

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

11268,16

=

**Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)****9315,34**

**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>	
(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores	82,52
Coberturas exteriores	149,70
Pavimentos exteriores	
Envidraçados exteriores	36,89
(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	
Coberturas interiores	
Pavimentos interiores	
Envidraçados interiores	
Área total:	269,11
	/
Volume	411,67
	=
FF	0,65

**Graus-dias no local (°C.dia)** (do Quadro III.1)

1400,00

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Ni	59,80
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1		67,76
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5		72,45
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		100,44

<b>Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)</b>	<b>67,76</b>
--	--------------

## Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior	190,52
Envolvente Interior	0,000
Vãos Envidraçados	77,47
Renovação de Ar	83,98
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	351,97
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1400,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	11826,25
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	9315,34
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	2510,91
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	149,70
	=
<b>Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)</b>	<b>16,77</b>
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	67,76
Verifica	O.K.

**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	42,29	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	0,00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	49,10	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	77,47	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação do ar	83,98	(W/°C)
	=	
<b>Perdas específicas totais</b>	(Q1a) <b>252,84</b>	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento	19	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	6	
	x	
Perdas específicas totais	(Q1a) 252,84	(W/°C)
	x	
	2,928	
	=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	(Q1b) <b>4441,93</b>	(kWh)

**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

<b>Coberturas exteriores</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>U (W/m²°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Cobertura	149,70	0,328	49,10
		<b>TOTAL</b>	<b>49,10</b>

## Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Env_N	5,22	2,100	10,96
Env_S	21,08	2,100	44,27
Env_E	7,02	2,100	14,75
Env_W	3,57	2,100	7,50
		<b>TOTAL</b>	<b>77,47</b>

## Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	N	S	E	W	H	
Área, A (m <sup>2</sup> )	26,68	11,36	19,98	24,51	149,70	
	x	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,414	0,414	0,414	0,414	0,328	
	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, $\alpha$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
	=	=	=	=	=	
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	4,42	1,88	3,31	4,06	19,64	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> )	200,00	380,00	420,00	420,00	730,00	
	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	
						<b>TOTAL</b>
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	35,35	28,60	55,58	68,18	573,51	<b>761,20</b> (kWh)

**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	N	S	E	W	
Área, A (m <sup>2</sup> )	5,22	21,08	7,02	3,57	
	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,255	0,255	0,255	0,255	
	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg	0,70	0,70	0,70	0,70	
	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,94	0,52	0,55	0,55	
	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw	0,80	0,75	0,85	0,85	
	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,70	1,47	0,59	0,30	
	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> )	200,00	380,00	420,00	420,00	
	=	=	=	=	
					<b>TOTAL</b>
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	<b>140,09</b>	<b>557,64</b>	<b>246,10</b>	<b>125,12</b>	<b>1068,95</b> (KWh)

**Ganhos Internos**

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )	4,00	
	x	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70	
	x	
	2,928	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1753,29</b>	<b>(KWh)</b>



**Ganhos Totais na estação de arrefecimento  
(verão)**

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	1068,96	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	761,20	(KWh)
	+	
Ganhos internos	1753,29	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais (Qg)</b>	<b>3583,44</b>	<b>(KWh)</b>

**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

Ganhos Térmicos Totais	3583,44	(kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais	4441,93	(kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas	γ	0,81
Inércia do edifício	(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3

		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$		0,88	
		=	
		0,12	
		x	
Ganhos Térmicos Totais		3583,44	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		417,76	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)			( $E_v = P_v \times 24 \times 0,122$ (kWh))
		=	
	TOTAL	417,76	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento ( $m^2$ )		149,70	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - $N_{vc}$		2,79	(kWh/ $m^2$ .ano)
		$\leq$	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - $N_v$		16	(kWh/ $m^2$ .ano)
	Verifica	O.K.	

**Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária**

<b>Nº de ocupantes</b>	4,00	
<b>Consumo médio diário de referência de AQS (<math>M_{AQS}</math>)</b> (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
<b>Aumento de temperatura necessário (<math>\Delta T</math>)</b> (considerar igual a 45°C)	45,00	
<b>Número anual de dias de consumo (<math>n_d</math>)</b>	365,00	
<b>Energia despendida com sistemas convencionais (<math>Q_a</math>)</b>	3056,51	(kW.h/ano)
<b>Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (<math>\eta_a</math>)</b>	0,90	
<b><math>E_{solar}</math></b>	2065,00	
<b><math>E_{ren}</math></b>		
<b>Necessidades de energia para preparação de AQS, <math>N_{ac}</math></b>	<b>8,90</b>	(kW.h/m².ano)
<b>Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, <math>N_a</math></b>	31,60	(kW.h/m².ano)

 **$N_{ac} \leq N_a$ ?** Verifica

**Necessidades Globais de Energia Primária**

<b>Ni</b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	67,76
<b>Nic</b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,77
<b>Nv</b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00
<b>Nvc</b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	2,79
<b>Na</b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	31,60
<b>Nac</b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	8,89
$\eta_i$	4,00
$\eta_v$	3,00
<b>F<sub>pui</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>puv</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>pua</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29

<b>Necessidades nominais globais de energia primária, N<sub>tc</sub></b>	<b>2,73</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

<b>Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N<sub>t</sub></b>	<b>5,02</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

**N<sub>tc</sub> ≤ N<sub>t</sub>?**      Verifica

## 2. VERIFICAÇÃO RCCTE OPÇÃO\_1

### Perdas associadas à Envoltente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_P_ext_01_N	26,03	0,414	10,78
P_P_ext_01_S	10,70	0,414	4,43
P_P_ext_01_E	19,43	0,414	8,04
P_P_ext_01_W	23,93	0,414	9,91
PTP_pilar_N	0,000	0,498	0,000
PTP_pilar_S	0,000	0,498	0,000
PTP_pilar_E	0,48	0,498	0,24
PTP_pilar_W	0,48	0,498	0,24
<b>TOTAL</b>			<b>33,63</b>

Pavimentos Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Coberturas Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_cob_ext_coz	19,30	0,304	5,87
P_cob_ext_lav	4,50	0,304	1,37
P_cob_ext_sala	53,00	0,304	16,11
P_cob_ext_corr	17,70	0,304	5,38
P_cob_ext_esc	4,00	0,304	1,21
P_cob_ext_wc_princ	4,20	0,304	1,28
P_cob_ext_wc_s	6,50	0,304	1,98
P_cob_ext_suite	15,30	0,304	4,65
P_cob_ext_q1	12,40	0,304	3,77
P_cob_ext_q2	12,80	0,304	3,89
<b>TOTAL</b>			<b>45,51</b>

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Pav_solo_isol_N	13,02	1,20	15,62
Pav_solo_isol_S	13,24	1,20	15,88
Pav_solo_isol_E	11,02	1,20	13,22
Pav_solo_isol_W	11,46	1,20	13,75
<b>TOTAL</b>			<b>58,49</b>

<b>Pontes térmicas lineares</b>	<b>Comp. B (m)</b>	<b><math>\psi</math> (W/m.°C)</b>	<b><math>\psi.B</math> (W/°C)</b>
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	48,74	0,30	14,62
Fachada com os pavimentos			
Fachada com pavimentos intermédios			
Fachada com cobertura inclinada ou terraço			
Fachada com varanda			
Duas paredes verticais	9,60	0,15	1,44
Fachada com caixa de estore			
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	0,00	0,00	0,00
Outras			
<b>TOTAL</b>			<b>16,06</b>

**Perdas pela envolvente exterior  
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>153,69</b>
--------------	---------------

#### Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

<b>Vãos envidraçados exteriores</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>U (W/m².°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
<b>Verticais:</b>			
Env_N	5,22	2,10	10,96
Env_S	21,08	2,10	44,27
Env_E	7,02	2,10	14,75
Env_W	3,57	2,10	7,50
<b>TOTAL</b>			<b>77,46</b>

## Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		149,70	(m <sup>2</sup> )
		x	
Pé-direito médio		2,40	(m)
		=	
Volume interior	(V)	359,28	(m <sup>3</sup> )

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1?	(S ou N)	S	se SIM: RPH =	0,600
Se NÃO:				
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)		Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1  RPH=	
Caixas de Estore	(S ou N)			
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)			
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)			
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)			
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)			

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação	Vins - (m <sup>3</sup> /h)		Vf =	
Caudal Extraído	Vev - (m <sup>3</sup> /h)			
Diferença entre Vins e Vev	(m <sup>3</sup> /h)		/	V =
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i>	Vx - (h <sup>-1</sup> )		(volume int)	RPH (**)
Recuperador de calor	(S ou N)		se SIM, η =	
			se NÃO, η =	
Taxa de Renovação Nominal	(mínimo: 0,6)		(Vf / V + Vx) · (1-η)	
Consumo de Electricidade para os ventiladores			(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))	

Volume	359,28
	x
Taxa de Renovação Nominal	0,60
	x
	0,34
	=
<b>TOTAL</b>	<b>73,29</b>

(W/°C)

**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)****Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
Env_N	Duplo	5,22	0,27	0,78	0,90	0,70	0,90	0,62
Env_S	Duplo	21,08	1,00	0,78	0,90	0,70	0,90	9,32
Env_E	Duplo	7,02	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	1,74
Env_W	Duplo	3,57	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	0,88

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

12,57

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G<sub>sul</sub>)

na zona

I1

(kWh/m².mês)

108,00

x

Duração da estação de aquecimento

(meses)

6,30

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

8552,00

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios

4,00

(W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento

6,30

(meses)

x

Área Útil de pavimento

149,70

(m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos

2716,16

(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

11268,16

10229,66

Inércia do edifício:

3,00

a =

4,2

γ =

1,10

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

0,77

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

11268,16

=

**Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)****8640,09**



**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>	
(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores	80,09
Coberturas exteriores	149,70
Pavimentos exteriores	
Envidraçados exteriores	36,89
(Áreas equivalentes, A .t)	
Paredes interiores	
Coberturas interiores	
Pavimentos interiores	
Envidraçados interiores	
Área total:	266,68
	/
Volume	359,28
	=
FF	0,74

**Graus-dias no local (°C.dia)**

1400,00

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Ni
	Para 0,5 < FF < 1	59,80
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD		72,35
	Para 1 < FF < 1,5	76,08
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para FF > 1,5	100,44
Ni = 4,05 + 0,06885 GD		

**Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)****72,35**

### Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior	153,69
Envolvente Interior	0,00
Vãos Envidraçados	77,47
Renovação de Ar	73,29

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	304,45
	X
Graus-dias no Local (°C.dia)	1400,00
	X
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	10229,66
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	8640,09
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	1589,57
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	149,70
	=
<b>Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)</b>	<b>10,62</b>
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	72,34

Verifica	O.K.
----------	------

**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	33,63	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	0,00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	45,51	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	77,47	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação do ar	73,29	(W/°C)
	=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>229,90</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento	19	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	6	
	x	
Perdas específicas totais (Q1a)	229,90	(W/°C)
	x	
	2,928	
	=	
<b>Perdas térmicas totais (Q1b)</b>	<b>4038,96</b>	<b>(kWh)</b>

**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

<b>Coberturas exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Cobertura	149,70	0,30	45,50
		<b>TOTAL</b>	<b>45,50</b>

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

<b>Envidraçados Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Verticais:			
Env_N	5,21	2,10	10,95
Env_S	21,08	2,10	44,26
Env_E	7,02	2,10	14,74
Env_W	3,57	2,10	7,49
		<b>TOTAL</b>	<b>77,47</b>

**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>W</b>	<b>H</b>	
Orientação						
Área, A (m <sup>2</sup> )	26,03	10,70	19,43	23,93	149,70	
	x	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,414	0,414	0,414	0,414	0,304	
	x	x	x	x	x	
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	4,31	1,77	3,22	3,96	18,20	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200,00	380,00	420,00	420,00	730,00	
	x	x	x	x	x	
	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	
	=	=	=	=	=	
						<b>TOTAL</b>
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	34,48	26,92	54,04	66,59	531,54	<b>713,58 (kWh)</b>

**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

## POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação

**N                      S                      E                      W**Área, A (m<sup>2</sup>)

5,22	21,08	7,02	3,57
------	-------	------	------

x                      x                      x                      x

Factor solar do vão envidraçado

0,255	0,255	0,255	0,255
-------	-------	-------	-------

*(protecção solar activada a 70%)*

x                      x                      x                      x

Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)

0,70	0,70	0,70	0,70
------	------	------	------

x                      x                      x                      x

Factor de obstrução, Fs

0,940	0,520	0,550	0,550
-------	-------	-------	-------

x                      x                      x                      x

Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)

0,800	0,750	0,850	0,850
-------	-------	-------	-------

=                      =                      =                      =

Área Efectiva, Ae

0,70	1,47	0,59	0,30
------	------	------	------

x                      x                      x                      x

Int. de rad. solar na estação de arrefec.

200,000	380,000	420,000	420,00
---------	---------	---------	--------

(kWh/m<sup>2</sup>)                      (Quadro III.9)

=                      =                      =                      =

**TOTAL**

<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	140,00	557,64	246,10	125,12	<b>1068,95</b> (KWh)
--	--------	--------	--------	--------	----------------------

**Ganhos Internos**

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70	
	x	
	2,93	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1753,29</b>	<b>(KWh)</b>

**Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)**

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1068,96	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	713,58	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1753,29	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais (Qg)</b>	<b>3535,82</b>	<b>(KWh)</b>

**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	3535,82	(kWh)
	/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b>	4038,96	(kWh)
	=	
<b>Relação Ganhos-Perdas</b> $\gamma$	0,87	
<b>Inércia do edifício</b> (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$	0,86	
	=	
	0,14	
	x	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	3535,82	(kWh)
	=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>	504,48	(kWh/ano)
	+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)		(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
	=	
<b>TOTAL</b>	504,48	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70	
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	3,37	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
	≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b>	16	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
Verifica	O.K.	

**Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária**

<b>Nº de ocupantes</b>	4,00	
<b>Consumo médio diário de referência de AQS (<math>M_{AQS}</math>)</b> (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
<b>Aumento de temperatura necessário (<math>\Delta T</math>)</b> (considerar igual a 45°C)	45,00	
<b>Número anual de dias de consumo (<math>n_d</math>)</b>	365,00	
<b>Energia despendida com sistemas convencionais (<math>Q_a</math>)</b>	3056,51	(kW.h/ano)
<b>Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (<math>\eta_a</math>)</b>	0,90	
<b><math>E_{solar}</math></b>	2065,00	
<b><math>E_{ren}</math></b>		
<b>Necessidades de energia para preparação de AQS, <math>N_{ac}</math></b>	<b>8,89</b>	(kW.h/m².ano)
<b>Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, <math>N_a</math></b>	31,60	(kW.h/m².ano)

 **$N_{ac} \leq N_a$ ?** Verifica



**Necessidades Globais de Energia Primária**

<b>N<sub>i</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	72,35
<b>N<sub>ic</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	10,62
<b>N<sub>v</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00
<b>N<sub>vc</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	3,37
<b>N<sub>a</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	31,60
<b>N<sub>ac</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	8,89
<b>η<sub>i</sub></b>	4,0
<b>η<sub>v</sub></b>	3,0
<b>F<sub>pui</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>puv</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>pu<sub>a</sub></sub></b> (kgep/kW.h)	0,29

<b>Necessidades nominais globais de energia primária, N<sub>tc</sub></b>	<b>2,69</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

<b>Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N<sub>t</sub></b>	<b>5,06</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

**N<sub>tc</sub> ≤ N<sub>t</sub>?**      Verifica

### 3. VERIFICAÇÃO RCCTE OPÇÃO\_2

#### Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_P_ext_01_N	26,03	0,414	10,77
P_P_ext_01_S	10,69	0,414	4,42
P_P_ext_01_E	19,42	0,414	8,04
P_P_ext_01_W	23,93	0,414	9,90
PTP_pilar_N	0,00	0,498	0,00
PTP_pilar_S	0,00	0,498	0,00
PTP_pilar_E	0,48	0,498	0,23
PTP_pilar_W	0,48	0,498	0,23
TOTAL			33,63

Pavimentos Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			0,00

Coberturas Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_cob_ext_coz	19,30	0,304	5,86
P_cob_ext_lav	4,50	0,304	1,36
P_cob_ext_sala	53,00	0,304	16,11
P_cob_ext_corr	17,70	0,304	5,38
P_cob_ext_esc	4,00	0,304	1,21
P_cob_ext_wc_princ	4,20	0,304	1,27
P_cob_ext_wc_s	6,50	0,304	1,97
P_cob_ext_suite	15,30	0,304	4,65
P_cob_ext_q1	12,40	0,304	3,77
P_cob_ext_q2	12,80	0,304	3,89
TOTAL			45,50

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
TOTAL			0,00

<b>Pontes térmicas lineares</b>	<b>Comp. B (m)</b>	<b><math>\psi</math> (W/m.°C)</b>	<b><math>\psi.B</math> (W/°C)</b>
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	48,74	0,30	14,62
Fachada com os pavimentos			0,00
Fachada com pavimentos intermédios			0,00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço			0,00
Fachada com varanda			0,00
Duas paredes verticais	9,60	0,15	1,44
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	0,00	0,00	0,00
Outras			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>16,06</b>

**Perdas pela envolvente exterior  
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>95,20</b>
--------------	--------------

### Perdas associadas à Envolvente Interior

<b>Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edificios adjacentes</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>U (W/m².°C)</b>	<b><math>\tau</math> (-)</b>	<b><math>\tau.U.A</math> (W/°C)</b>
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

<b>Pavimentos sobre espaços não-úteis</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>U (W/m².°C)</b>	<b><math>\tau</math> (-)</b>	<b><math>\tau.U.A</math> (W/°C)</b>
Área pavimento sobre Esp_n_úteis	149,7	0,293	0	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

<b>Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>U (W/m².°C)</b>	<b><math>\tau</math> (-)</b>	<b><math>\tau.U.A</math> (W/°C)</b>
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

<b>Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis</b>	<b>Área (m²)</b>	<b>U (W/m².°C)</b>	<b><math>\tau</math> (-)</b>	<b><math>\tau.U.A</math> (W/°C)</b>
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$ )	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m. $^{\circ}$ C)	$\tau$ (-)	$\tau.\psi.B$ (W/ $^{\circ}$ C)
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Perdas pela envolvente interior  
da Fracção Autónoma

(W/ $^{\circ}$ C)

<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>
--------------	-------------

### Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m $^2$ )	U (W/m $^2$ . $^{\circ}$ C)	U.A (W/ $^{\circ}$ C)
<b>Verticais:</b>			
Env_N	5,21	2,10	10,95
Env_S	21,08	2,10	44,26
Env_E	7,02	2,10	14,74
Env_W	3,57	2,10	7,49
<b>TOTAL</b>			<b>77,46</b>

### Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="149,70"/>	(m $^2$ )	
	x		
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,40"/>	(m)	
	=		
Volume interior (V)	<input type="text" value="359,28"/>	(m $^3$ )	

*(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

**VENTILAÇÃO NATURAL**

Cumpra a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	se SIM:	RPH = <input type="text" value="0,60"/>
Se NÃO:				
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>		
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>		
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>		
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>		
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>		
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>		

Taxa de Renovação Nominal:  
Ver Quadro IV.1

RPH=

<b>VENTILAÇÃO MECÂNICA</b> ( <i>excluir exaustor da cozinha</i> )			
Caudal de Insuflação	Vins - (m³/h)	<input type="text"/>	
Caudal Extraído	Vev - (m³/h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Diferença entre Vins e Vev	(m³/h)	<input type="text" value="0,00"/>	/ V = <input type="text" value="0,00"/>
Infiltrações ( <i>Vent. Natural</i> )	Vx - (h⁻¹)	<input type="text"/>	(volume int) RPH (**)
Recuperador de calor	(S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)		<input type="text" value="0,00"/>	se NÃO, η = <input type="text" value="0,00"/>
Consumo de Electricidade para os ventiladores		<input type="text"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η) (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))
Volume		<input type="text" value="359,28"/>	
		x	
Taxa de Renovação Nominal		<input type="text" value="0,60"/>	
		x	
		<input type="text" value="0,34"/>	
		=	
<b>TOTAL</b>		<b>73,29</b>	(W/°C)

## Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

## Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
Env_N	Duplo	5,21	0,27	0,78	0,90	0,70	0,90	0,62
Env_S	Duplo	21,08	1,00	0,78	0,90	0,70	0,90	9,32
Env_E	Duplo	7,02	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	1,73
Env_W	Duplo	3,57	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	0,88
								0,00
Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)								12,56

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona  (kWh/m².mês)

x

Duração da estação de aquecimento

(meses)

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios	4,00	(W/m <sup>2</sup> )
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,30	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	149,70	(m <sup>2</sup> )
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2716,15	(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$		11268,16
		8264,46
Inércia do edifício:	3,00	
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		
	a = 4,20	
	$\gamma = 1,36$	
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos	( $\eta$ )	0,66
		x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		11268,16
		=
<b>Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)</b>		<b>7516,01</b>

**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>	
(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores	80,08
Coberturas exteriores	149,70
Pavimentos exteriores	
Envidraçados exteriores	36,89
(Áreas equivalentes, A . $\tau$ )	
Paredes interiores	
Coberturas interiores	
Pavimentos interiores	

Envidraçados interiores	
Área total:	266,67
Volume	/
FF	359,28
	=
	0,74

Graus-dias no local (°C.dia)

1400,00

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Ni	59,80
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1		72,34
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5		76,07
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5		100,44

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

72,349

## Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior	95,20
Envolvente Interior	0,00
Vãos Envidraçados	77,46
Renovação de Ar	73,29

Coeficiente Global de Perdas (W/°C)

=

245,96

Graus-dias no Local (°C.dia)

x

1400,00

x

0,024

Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)

=

8264,46

-

Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	7516,01
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	748,44
	/
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70
	=
<b>Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>	<b>5,00</b>
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	72,34
Verifica	O.K.

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	33,63	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	0,00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	45,51	(W/°C)
	+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	77,47	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação do ar	73,29	(W/°C)
	=	
<b>Perdas específicas totais</b>	(Q1a) <b>229,90</b>	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)	19	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	6	
	x	
Perdas específicas totais	(Q1a) 229,90	(W/°C)
	x	
	2,928	
	=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	(Q1b) <b>4038,96</b>	(kWh)



**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

<b>Coberturas exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Cobertura	149,70	0,304	45,50
<b>TOTAL</b>			<b>45,50</b>

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

<b>Envidraçados Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Verticais:			
Env_N	5,21	2,10	10,95
Env_S	21,08	2,10	44,26
Env_E	7,02	2,10	14,74
Env_W	3,57	2,10	7,49
<b>TOTAL</b>			<b>77,46</b>

**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (*inclui paredes e cobertura*)

Orientação	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>W</b>	<b>H</b>	
Área, A (m <sup>2</sup> )	26,03	10,69	19,42	23,93	149,70	
	x	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,414	0,414	0,414	0,414	0,304	
	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	4,31	1,77	3,21	3,96	18,20	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> )	200,00	380,00	420,00	420,00	730,00	
	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	
	<b>TOTAL</b>					
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	34,48	26,92	54,04	66,58	531,54	<b>713,58 (kWh)</b>

### Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL				
	N	S	E	W	
Orientação					
Área, A (m <sup>2</sup> )	5,21	21,08	7,02	3,57	
	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado	0,255	0,255	0,255	0,255	
(protecção solar activada a 70%)					
	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,70	0,70	0,70	0,70	
	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,94	0,52	0,55	0,55	
	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,80	0,75	0,85	0,85	
	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,70	1,46	0,58	0,29	
	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec.	200,00	380,00	420,00	420,00	
(kWh/m <sup>2</sup> )					
	=	=	=	=	
					TOTAL
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	140,09	557,63	246,10	125,12	<b>1068,95</b> (KWh)

### Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )	4
	x
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70
	x
	2,928
	=
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1753,28</b> (KWh)

**Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)**

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	1068,96	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	713,58	(KWh)
	+	
Ganhos internos	1753,29	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais (Qg)</b>	<b>3535,82</b>	<b>(KWh)</b>

**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

Ganhos Térmicos Totais	3535,82	(kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais	4038,96	(kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas $\gamma$	0,87	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$	0,85	
	=	
	0,14	
	x	
Ganhos Térmicos Totais	3535,82	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	504,48	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)		(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
	=	
<b>TOTAL</b>	<b>504,48</b>	<b>(kWh/ano)</b>
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70	
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	<b>3,37</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	16	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
Verifica	<b>O.K.</b>	

**Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária**

<b>Nº de ocupantes</b>	4,00	
<b>Consumo médio diário de referência de AQS (<math>M_{AQS}</math>)</b> (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
<b>Aumento de temperatura necessário (<math>\Delta T</math>)</b> (considerar igual a 45°C)	45,00	
<b>Número anual de dias de consumo (<math>n_d</math>)</b>	365,00	
<b>Energia despendida com sistemas convencionais (<math>Q_a</math>)</b>	3056,51	(kW.h/ano)
<b>Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (<math>\eta_a</math>)</b>	0,90	
<b><math>E_{solar}</math></b>	2065,00	
<b><math>E_{ren}</math></b>		
<b>Necessidades de energia para preparação de AQS, <math>N_{ac}</math></b>	<b>8,89</b>	(kW.h/m².ano)
<b>Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, <math>N_a</math></b>	31,59	(kW.h/m².ano)

 **$N_{ac} \leq N_a$ ?** Verifica

**Necessidades Globais de Energia Primária**

<b>N<sub>i</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	72,35
<b>N<sub>ic</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	5,00
<b>N<sub>v</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00
<b>N<sub>vc</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	3,37
<b>N<sub>a</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	31,60
<b>N<sub>ac</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	8,89
<b>η<sub>i</sub></b>	4,00
<b>η<sub>v</sub></b>	3,00
<b>F<sub>pui</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>puv</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>pua</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29

<b>Necessidades nominais globais de energia primária, N<sub>tc</sub></b>	<b>2,64</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

<b>Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N<sub>t</sub></b>	<b>5,06</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

**N<sub>tc</sub> ≤ N<sub>t</sub>?**      Verifica

#### 4. VERIFICAÇÃO RCCTE OPÇÃO\_3

##### Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_P_ext_01_N	26,03	0,414	10,77
P_P_ext_01_S	10,69	0,414	4,42
P_P_ext_01_E	19,42	0,414	8,04
P_P_ext_01_W	23,93	0,414	9,90
PTP_pilar_N	0,00	0,498	0,00
PTP_pilar_S	0,00	0,498	0,00
PTP_pilar_E	0,48	0,498	0,23
PTP_pilar_W	0,48	0,498	0,23
<b>TOTAL</b>			<b>33,63</b>

Pavimentos Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Coberturas Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	48,74	0,30	14,62
Fachada com os pavimentos			0,00
Fachada com pavimentos intermédios			0,00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço			0,00
Fachada com varanda			0,00
Duas paredes verticais	9,60	0,15	1,44
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	0,00	0,00	0,00
Outras			
<b>TOTAL</b>			<b>16,06</b>

Perdas pela envolvente exterior  
da Fracção Autónoma

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>49,69</b>
--------------	--------------

## Perdas associadas à Envolvente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Área pavimento sobre Esp_n_uteis	149,7	0,290	0	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Área_cob_sob_esp_n_uteis	149,70	0,304	0,8	36,41
<b>TOTAL</b>				<b>36,41</b>

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Perdas pela envolvente interior  
da Fracção Autónoma

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>36,41</b>
--------------	--------------

**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

Vãos envidraçados exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
<b>Verticais:</b>			
Env_N	5,21	2,10	10,95
Env_S	21,08	2,10	44,26
Env_E	7,02	2,10	14,74
Env_W	3,57	2,10	7,49
<b>TOTAL</b>			<b>77,469</b>

**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="149,70"/>	(m <sup>2</sup> )	
	x		
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,40"/>	(m)	
	=		
Volume interior (V)	<input type="text" value="359,28"/>	(m <sup>3</sup> )	

**VENTILAÇÃO NATURAL** *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text"/>	



VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor da cozinha)			
Caudal de Insuflação	Vins - (m³/h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído	Vev - (m³/h)	<input type="text"/>	
Diferença entre Vins e Vev	(m³/h)	<input type="text" value="0,00"/>	/ V = <input type="text" value="0,00"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações (Vent. Natural)	Vx - (h⁻¹)	<input type="text"/>	
Recuperador de calor	(S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0,00"/>
Taxa de Renovação Nominal	(mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,00"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores		<input type="text"/>	(Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))
Volume		<input type="text" value="359,28"/>	
		x	
Taxa de Renovação Nominal		<input type="text" value="0,60"/>	
		x	
		<input type="text" value="0,34"/>	
		=	
	<b>TOTAL</b>	<b>73,29</b>	(W/°C)

**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)****Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
Env_N	Duplo	5,21	0,27	0,78	0,90	0,70	0,90	0,62
Env_S	Duplo	21,08	1,00	0,78	0,90	0,70	0,90	9,32
Env_E	Duplo	7,02	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	1,73
Env_W	Duplo	3,57	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	0,88
Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)								12,56

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G<sub>sul</sub>)na zona  (kWh/m².mês)

x

Duração da estação de aquecimento

(meses)

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios	<input type="text" value="4,00"/>	(W/m²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,30"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="149,70"/>	(m²)
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2716,15"/>	(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento}}$$

Inércia do edifício:

a =

γ =

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

**Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)**

### Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
:	(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores		80,08
Coberturas exteriores		
Pavimentos exteriores		
Envidraçados exteriores		36,89
	(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores		
Coberturas interiores		119,76
Pavimentos interiores		
Envidraçados interiores		
Área total:		236,73
		/
Volume		359,28
		=
FF		0,65

Graus-dias no local (°C.dia)

1400,00

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Ni
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	59,80
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	68,03
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	72,67
		100,44

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

68,03

## Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior	49,69
Envolvente Interior	36,40
Vãos Envidraçados	77,46
Renovação de Ar	73,29
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	236,86
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1400,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	7958,64
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	7309,61
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	649,02
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	149,70
	=
<b>Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)</b>	<b>4,33</b>
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	68,03
Verifica	O.K.

**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)		<b>33,63</b>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)		<b>0,00</b>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)		<b>0,00</b>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)		<b>77,47</b>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar		<b>73,29</b>	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	(Q1a)	<b>184,40</b>	(W/°C)

Temperatura interior de referência		<b>25</b>	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento		<b>19</b>	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		<b>6</b>	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	<b>184,40</b>	(W/°C)
		x	
		<b>2,928</b>	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	(Q1b)	<b>3239,46</b>	(kWh)

**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Env_N	5,21	2,10	10,95
Env_S	21,08	2,10	44,26
Env_E	7,02	2,10	14,74
Env_W	3,57	2,10	7,49
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>77,46</b>

**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	N	S	E	W	H	
Área, A (m <sup>2</sup> )	26,03	10,70	19,43	23,93	0,00	
	x	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,414	0,414	0,414	0,414	0,304	
	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	4,31	1,77	3,22	3,96	0,00	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> )	200,00	380,00	420,00	420,00	730,00	
	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	
						<b>TOTAL</b>
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	<b>34,48</b>	<b>26,92</b>	<b>54,04</b>	<b>66,59</b>	<b>0,00</b>	<b>182,04 (kWh)</b>

**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

## POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	N	S	E	W	
Área, A (m2)	5,22	21,08	7,02	3,57	
	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,255	0,255	0,255	0,255	
	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,70	0,70	0,70	0,70	
	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,94	0,52	0,55	0,55	
	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,80	0,75	0,85	0,85	
	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,70	1,47	0,59	0,30	
	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	200,00	380,00	420,00	420,00	
	=	=	=	=	
TOTAL					
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	140,09	557,64	246,10	125,12	1068,95 (KWh)

### Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70	
	x	
	2,93	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1753,29</b>	<b>(KWh)</b>

### Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	1068,96	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	182,04	(KWh)
	+	
Ganhos internos	1753,29	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais (Qg)</b>	<b>3004,28</b>	<b>(KWh)</b>



## Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

<b>Ganhos Térmicos Totais</b>		3004,28	(kWh)
		/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b>		3239,46	(kWh)
		=	
<b>Relação Ganhos-Perdas</b>	<b>Y</b>	0,93	
<b>Inércia do edifício</b>	(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$		0,84	
		=	
		0,16	
		x	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>		3004,28	(kWh)
		=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>		490,15	(kWh/ano)
		+	
<b>Consumo dos ventiladores</b>			(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
(se houver, exaustor da cozinha excluído)			
		=	
	<b>TOTAL</b>	490,15	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )		149,70	
		=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>		3,27	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
		≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b>		16	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
	Verifica	O.K.	

**Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária**

<b>Nº de ocupantes</b>	4,00	
<b>Consumo médio diário de referência de AQS (<math>M_{AQS}</math>)</b> (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
<b>Aumento de temperatura necessário (<math>\Delta T</math>)</b> (considerar igual a 45°C)	45,00	
<b>Número anual de dias de consumo (<math>n_d</math>)</b>	365,00	
<b>Energia despendida com sistemas convencionais (<math>Q_a</math>)</b>	3056,51	(kW.h/ano)
<b>Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (<math>\eta_a</math>)</b>	0,90	
<b><math>E_{solar}</math></b>	2065,00	
<b><math>E_{ren}</math></b>		
<b>Necessidades de energia para preparação de AQS, <math>N_{ac}</math></b>	<b>8,89</b>	(kW.h/m².ano)
<b>Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, <math>N_a</math></b>	31,60	(kW.h/m².ano)

 **$N_{ac} \leq N_a$ ?** Verifica

**Necessidades Globais de Energia Primária**

<b>N<sub>i</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	68,03
<b>N<sub>ic</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	4,34
<b>N<sub>v</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00
<b>N<sub>vc</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	3,27
<b>N<sub>a</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	31,60
<b>N<sub>ac</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	8,89
<b>η<sub>i</sub></b>	4,00
<b>η<sub>v</sub></b>	3,00
<b>F<sub>pui</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>puv</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>pua</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29

<b>Necessidades nominais globais de energia primária, N<sub>tc</sub></b>	<b>2,64</b> (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	--

<b>Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N<sub>t</sub></b>	<b>5,02</b> (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	--

**N<sub>tc</sub> ≤ N<sub>t</sub>?**      Verifica

## 5. VERIFICAÇÃO RCCTE OPÇÃO\_4

### Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
P_P_ext_01_N	13,50	0,414	5,59
P_P_ext_01_S	10,67	0,414	4,43
P_P_ext_01_E	19,43	0,414	8,04
P_P_ext_01_W	23,93	0,414	9,91
PTP_pilar_N	0,00	0,498	0,00
PTP_pilar_S	0,48	0,498	0,24
PTP_pilar_E	0,48	0,498	0,24
PTP_pilar_W	0,48	0,498	0,24
<b>TOTAL</b>			<b>28,67</b>

Pavimentos Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Coberturas Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	43,96	0,30	13,19
Fachada com os pavimentos			0,00
Fachada com pavimentos intermédios			0,00
Fachada com cobertura inclinada ou terraço			0,00
Fachada com varanda			0,00
Duas paredes verticais	9,600	0,150	1,44
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	0,000	0,000	0,00
Outras			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>14,63</b>

Perdas pela envolvente exterior  
da Fracção Autónoma

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>43,314</b>
--------------	---------------

## Perdas associadas à Envolvente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Par_garagem	12,53	0,34	0,8	3,37
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>3,37</b>

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Área pavimento sobre Esp_n_uteis	149,70	0,293	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	T (-)	τ.U.A (W/°C)
Área_cob_sob_esp_n_uteis	149,70	0,304	0,8	36,41
<b>TOTAL</b>				<b>36,41</b>

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
Par_garagem	4,78	0,41	0,8	1,58
<b>TOTAL</b>				<b>1,58</b>

Perdas pela envolvente interior  
da Fracção Autónoma

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>41,36</b>
--------------	--------------

**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

Vãos envidraçados exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
<b>Verticais:</b>			
Env_N	5,22	2,10	10,96
Env_S	21,08	2,10	44,27
Env_E	7,02	2,10	14,75
Env_W	3,57	2,10	7,50
		<b>TOTAL</b>	<b>77,469</b>

**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento		<input type="text" value="149,70"/>	(m <sup>2</sup> )
		x	
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,40"/>	(m)
		=	
Volume interior	(V)	<input type="text" value="359,28"/>	(m <sup>3</sup> )

*(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

**VENTILAÇÃO NATURAL**

Cumpr a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text"/>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de Exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor da cozinha)																	
Caudal de Insuflação	Vins - (m³/h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>														
Caudal Extraído	Vev - (m³/h)	<input type="text"/>															
Diferença entre Vins e Vev	(m³/h)	<input type="text" value="0,00"/>	/ V = <input type="text" value="0,00"/> (volume int) RPH (**)														
Infiltrações (Vent. Natural)	Vx - (h⁻¹)	<input type="text"/>															
Recuperador de calor	(S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0,00"/>														
Taxa de Renovação Nominal	(mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,00"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)														
Consumo de Electricidade para os ventiladores		<input type="text"/>	(Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Volume</td> <td><input type="text" value="359,28"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Taxa de Renovação Nominal</td> <td><input type="text" value="0,60"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="text" value="0,34"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>=</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL</b></td> <td><b><input type="text" value="73,29"/></b></td> </tr> </tbody> </table>				Volume	<input type="text" value="359,28"/>		X	Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>		X		<input type="text" value="0,34"/>		=	<b>TOTAL</b>	<b><input type="text" value="73,29"/></b>
Volume	<input type="text" value="359,28"/>																
	X																
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,60"/>																
	X																
	<input type="text" value="0,34"/>																
	=																
<b>TOTAL</b>	<b><input type="text" value="73,29"/></b>																
			(W/°C)														

## Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

## Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
Env_N	Duplo	5,22	0,27	0,78	0,90	0,70	0,90	0,62
Env_S	Duplo	21,08	1,00	0,78	0,90	0,70	0,90	9,32
Env_E	Duplo	7,02	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	1,74
Env_W	Duplo	3,57	0,56	0,78	0,90	0,70	0,90	0,88
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

X

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona

(kWh/m².mês)

x

Duração da estação de aquecimento	(meses)	6,30
		=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)		8552,00

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios	4,00	(W/m <sup>2</sup> )
	X	
Duração da Estação de Aquecimento	6,30	(meses)
	X	
Área Útil de pavimento	149,70	(m <sup>2</sup> )
	X	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	2716,16	(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$		11268,16
		7910,68
Inércia do edifício:	3,00	
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		
	a = 4,2	
	$\gamma = 1,42$	
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos	( $\eta$ )	0,65
		X
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		11268,16
		=
<b>Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)</b>		<b>7276,47</b>



### Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma	
(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores	67,558
Coberturas exteriores	
Pavimentos exteriores	
Envidraçados exteriores	36,89
(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores	10,02
Coberturas interiores	119,76
Pavimentos interiores	
Envidraçados interiores	
Área total:	234,23
	/
Volume	359,28
	=
FF	0,65

Graus-dias no local (°C.dia)

1400,00

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Ni
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	59,800
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	67,671
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	72,381
		100,440

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

67,671

## Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior	43,31
Envolvente Interior	41,36
Vãos Envidraçados	77,47
Renovação de Ar	73,29

	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	235,44
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1400,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	7910,68
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	7276,47
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	634,21
	/
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70
	=
<b>Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>	<b>4,24</b>
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	67,67
Verifica	O.K.

**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	28,69	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1b)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	77,47	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	73,29	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	(Q1a)	<b>179,45</b>	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		X	
Perdas específicas totais	(Q1a)	179,45	(W/°C)
		X	
		2,93	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	(Q1b)	<b>3152,54</b>	(kWh)

**Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)**

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Env_N	5,22	2,10	10,96
Env_S	21,08	2,10	44,27
Env_E	7,02	2,10	14,75
Env_W	3,57	2,10	7,50
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>77,47</b>

**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>W</b>	<b>H</b>	
Área, A (m <sup>2</sup> )	26,03	10,70	19,43	23,93	0,00	
	X	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,414	0,414	0,414	0,414	0,304	
	X	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	4,31	1,77	3,22	3,96	0,00	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200,00	380,00	420,00	420,00	730,00	
	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	
						<b>TOTAL</b>
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	34,48	26,92	54,04	66,59	0,00	<b>182,04</b> (kWh)

**Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores**

## POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	N	S	E	W	
Área, A (m2)	5,22	21,08	7,02	3,57	
	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,255	0,255	0,255	0,255	
	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,70	0,70	0,70	0,70	
	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,94	0,52	0,55	0,55	
	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,80	0,75	0,85	0,85	
	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,70	1,47	0,59	0,30	
	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	200,00	380,00	420,00	420,00	
	=	=	=	=	
TOTAL					
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	140,09	557,64	246,10	125,12	1068,95 (KWh)

### Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> )	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	149,70	
	x	
	2,928	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1753,29</b>	<b>(KWh)</b>

### Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	1068,96	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	182,04	(KWh)
	+	
Ganhos internos	1753,29	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais (Qg)</b>	<b>3004,28</b>	<b>(KWh)</b>

## Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais		3004,28	(kWh)
		/	
Perdas Térmicas Totais		3152,54	(kWh)
		=	
Relação Ganhos-Perdas	$\gamma$	0,95	
Inércia do edifício	(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$		0,83	
		=	
		0,17	
		x	
Ganhos Térmicos Totais		3004,28	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		520,85	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores			(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
(se houver, exaustor da cozinha excluído)			
		=	
	TOTAL	520,85	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )		149,70	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		3,48	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
		≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv		16	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
	Verifica	O.K.	

**Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária**

<b>Nº de ocupantes</b>	4,00	
<b>Consumo médio diário de referência de AQS (<math>M_{AQS}</math>)</b> (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
<b>Aumento de temperatura necessário (<math>\Delta T</math>)</b> (considerar igual a 45°C)	45,00	
<b>Número anual de dias de consumo (<math>n_d</math>)</b>	365,00	
<b>Energia despendida com sistemas convencionais (<math>Q_a</math>)</b>	3056,51	(kW.h/ano)
<b>Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (<math>\eta_a</math>)</b>	0,90	
<b><math>E_{solar}</math></b>	2065,00	
<b><math>E_{ren}</math></b>		
<b>Necessidades de energia para preparação de AQS, <math>N_{ac}</math></b>	8,89	(kW.h/m².ano)
<b>Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, <math>N_a</math></b>	31,60	(kW.h/m².ano)

 **$N_{ac} \leq N_a$ ?** Verifica



**Necessidades Globais de Energia Primária**

<b>N<sub>i</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	67,67
<b>N<sub>ic</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	4,24
<b>N<sub>v</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00
<b>N<sub>vc</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	3,48
<b>N<sub>a</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	31,60
<b>N<sub>ac</sub></b> (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	8,89
<b>η<sub>i</sub></b>	4,00
<b>η<sub>v</sub></b>	3,00
<b>F<sub>pui</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>puv</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29
<b>F<sub>pua</sub></b> (kgep/kW.h)	0,29

<b>Necessidades nominais globais de energia primária, N<sub>tc</sub></b>	<b>2,64</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

<b>Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N<sub>t</sub></b>	<b>5,02</b>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
--	-------------	----------------------------

**N<sub>tc</sub> ≤ N<sub>t</sub>?**      Verifica

## 6. PERFIL CONSUMOS DIÁRIOS INVERNO

PERFIL CONSUMOS ELÉCTRICOS DIÁRIO INVERNO																										
Tipo	Qtd	W	HORAS																							
SALA			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Halógeno	10	50																						1,0	0,5	
Halógeno	2	35																						1,0		
Televisão	1	170																						1,0	1,0	
DVD	1	10																						0,2		
SUITE																										
Halógeno	4	35								0,4																0,4
Halógeno	2	12																								0,5
Televisão	1	120																								1,0
Relógio/desper tador	1	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
WC_SUITE																										
Fluorescente compacta	2	18								0,5															0,5	
Secador cabelo	1	1800								0,2																
WC_PRINCIPAL																										
Fluorescente compacta	2	18								0,5															0,5	
Secador cabelo	1	1800								0,2																
QUARTO_1																										
Halógeno	4	35								0,5															0,5	
Halógeno	2	12								0,3															0,2	
Televisão	1	120																							0,5	
Relógio/desper tador	1	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
LAVANDARIA																										

Fluorescente compacta	2	18																		0,2					
Máquina lavar roupa	1	850																		0,2					
Aspirador	1	1800																		0,1					
Ferro engomar	1	1800																		0,1					
Arca frigorífica	1	25	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>GARAGEM</b>																									
Fluorescente tubular	4	58																		0,5					
<b>COZINHA</b>																									
Fluorescente compacta	4	18																		1,0	1,0				
Fluorescente tubular	2	36																			1,0				
Placa vitrocerâmica	1	1100																		0,7					
Forno	1	780																		0,2					
Micro-ondas	1	800							0,5																
Máquina café	1	1260							0,3													0,2			
Exaustor	1	95																		0,7					
Televisão	1	120																		0,5	0,5				
Frigorífico	1	4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Máquina lavar loiça	1	1050																				0,5			
Torradeira	1	1000							0,2																
Batedeira	1	350																		0,1					
<b>QUARTO_2</b>																									
Halógeno	4	35							0,5														0,5		
Halógeno	2	12							0,3														0,2		
Televisão	1	120																					0,5		

Relógio/desper tador	1	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
CORREDOR																											
Halogéneo	6	35																				0,5					
ESCRITÓRIO																											
Fluorescente compacta	4	18																						0,5			
Halogéneo	1	40																							0,5		
Computador portátil	1	360																						0,5	0,5		
Impressora	1	240																							0,5		
EXTERIOR																											
Fluorescente tubular	4	36																						0,5			
			44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	1988,4	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	616,2	1284,5	605,0	1599,0	1089,6	232,0
																							TOTAL (kWh/dia)		8,2		
																							TOTAL (kWh/mês)		244,9		
																							TOTAL (€/mês)		24,5		

## 7. PERFIL CONSUMOS DIÁRIOS VERÃO

PERFIL CONSUMOS ELÉCTRICOS DIÁRIO VERÃO																										
Tipo	Qtd	W	HORAS																							
SALA			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Halógeno	10	50																						0,5	0,5	
Halógeno	2	35																							1,0	
Televisão	1	170																						1,0	1,0	
DVD	1	10																						0,2		
SUITE																										
Halógeno	4	35																								0,4
Halógeno	2	12																								0,5
Televisão	1	120																								1,0
Relógio/despertador	1	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
WC_SUITE																										
Fluorescente compacta	2	18																							0,5	
Secador cabelo	1	1800								0,2																
WC_PRINCIPAL																										
Fluorescente compacta	2	18																							0,5	
Secador cabelo	1	1800								0,2																
QUARTO_1																										
Halógeno	4	35																							0,5	
Halógeno	2	12																							0,2	
Televisão	1	120																							0,5	
Relógio/despertador	1	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
LAVANDARIA																										
Fluorescente compacta	2	18																								
Máquina lavar roupa	1	850																			0,2					

Aspirador	1	1800																			0,1					
Ferro engomar	1	1800																			0,1					
Arca frigorífica	1	25	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
GARAGEM																										
Fluorescente tubular	4	58																								
COZINHA																										
Fluorescente compacta	4	18																					0,5	0,5		
Fluorescente tubular	2	36																					0,5	0,5		
Placa vitrocerâmica	1	1100																				0,7				
Forno	1	780																				0,2				
Micro-ondas	1	800								0,5																
Máquina café	1	1260								0,3													0,2			
Exaustor	1	95																				0,7				
Televisão	1	120																				0,5	0,5			
Frigorífico	1	4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Máquina lavar loiça	1	1050																						0,5		
Torradeira	1	1000								0,2																
Batedeira	1	350																			0,1					
QUARTO_2																										
Halogéneo	4	35																							0,5	
Halogéneo	2	12																							0,2	
Televisão	1	120																							0,5	
Relógio/despertador	1	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CORREDOR																										
Halogéneo	6	35																						0,5		
ESCRITÓRIO																										
Fluorescente compacta	4	18																						0,5		
Halogéneo	1	40																							0,5	

Computador portátil	1	360																						0,5	0,5		
Impressora	1	240																							0,5		
EXTERIOR																											
Fluorescente tubular	4	36																							0,5		
			44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	1742,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	609,0	1096,5	428,0	1384,0	1231,6	232,0		
																							TOTAL (kWh/dia)			7,5	
																							TOTAL (kWh/mês)			224,1	
																							TOTAL (€/mês)			22,4	

## 8. SIMULAÇÃO RETSCREEN\_PV

RETScreen® Energy Model - Photovoltaic Project			<a href="#">Training &amp; Support</a>
<b>Site Conditions</b>		<b>Estimate</b>	<b>Notes/Range</b>
Project name		Murtosa	<a href="#">See Online Manual</a>
Project location		Monte	
Nearest location for weather data	-	Porto/Serra Do Pilar	→ <a href="#">Complete SB&amp;SL sheet</a>
Latitude of project location	°N	41,1	-90.0 to 90.0
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,86	
Annual average temperature	°C	14,5	-20.0 to 30.0
<b>System Characteristics</b>		<b>Estimate</b>	<b>Notes/Range</b>
Application type	-	On-grid	
Grid type	-	Central-grid	
PV energy absorption rate	%	100,0%	
<b>PV Array</b>			
PV module type	-	poly-Si	
PV module manufacturer / model #		Photowatt/ PW 1650-175W-24V	<a href="#">See Product Database</a>
Nominal PV module efficiency	%	13,1%	4.0% to 15.0%
NOCT	°C	45	40 to 55
PV temperature coefficient	% / °C	0,40%	0.10% to 0.50%
Miscellaneous PV array losses	%	5,0%	0.0% to 20.0%
Nominal PV array power	kWp	2,72	
PV array area	m²	20,8	
<b>Power Conditioning</b>			
Average inverter efficiency	%	90%	80% to 95%
Suggested inverter (DC to AC) capacity	kW (AC)	2,4	
Inverter capacity	kW (AC)	72,0	
Miscellaneous power conditioning losses	%	0%	0% to 10%
<b>Annual Energy Production (12,00 months analysed)</b>		<b>Estimate</b>	<b>Notes/Range</b>
Specific yield	kWh/m²	198,7	
Overall PV system efficiency	%	10,7%	
PV system capacity factor	%	17,3%	
Renewable energy collected	MWh	4,585	
Renewable energy delivered	MWh	4,127	
	kWh	4,127	
Excess RE available	MWh	0,000	
<a href="#">Complete Cost Analysis sheet</a>			



**RETScreen® Solar Resource and System Load Calculation - Photovoltaic Project**

Site Latitude and PV Array Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Porto/Serra Do Pilar	<a href="#">See Weather Database</a>
Latitude of project location	N	41,1	-90.0 to 90.0
PV array tracking mode	-	Fixed	
Slope of PV array	°	30,0	0.0 to 90.0
Azimuth of PV array	°	0,0	0.0 to 180.0

**Monthly Inputs**

	Fraction of month used	Monthly average daily radiation on horizontal surface	Monthly average temperature	Monthly average daily radiation in plane of PV array	Monthly solar fraction
Month	(0 - 1)	(kWh/m <sup>2</sup> /d)	(°C)	(kWh/m <sup>2</sup> /d)	(%)
January	1,00	1,70	9,3	2,58	-
February	1,00	2,68	10,1	3,68	-
March	1,00	4,22	11,5	5,12	-
April	1,00	5,63	12,9	6,04	-
May	1,00	6,46	15,1	6,31	-
June	1,00	7,01	18,1	6,58	-
July	1,00	7,33	19,9	7,00	-
August	1,00	6,45	19,8	6,66	-
September	1,00	4,73	19,0	5,46	-
October	1,00	3,41	16,2	4,52	-
November	1,00	2,29	12,3	3,59	-
December	1,00	1,99	9,9	3,53	-
		Annual		Season of use	
Solar radiation (horizontal)		MWh/m <sup>2</sup>	1,64	1,64	
Solar radiation (tilted surface)		MWh/m <sup>2</sup>	1,86	1,86	
Average temperature		°C	14,5	14,5	

**Load Characteristics**

	Estimate
Application type	On-grid

[Return to Energy Model sheet](#)

**RETScreen® Cost Analysis - Photovoltaic Project**

Type of analysis: **Pre-feasibility**      Currency: **Euro symbol**      Cost references: **None**

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
<b>Feasibility Study</b>							
Other - Feasibility study	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ -	0,0%		
<b>Development</b>							
Other - Development	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ -	0,0%		
<b>Engineering</b>							
Other - Engineering	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ -	0,0%		
<b>Energy Equipment</b>							
PV module(s)	kWp	2,72	€ 6.500	€ 17.680	-	-	-
Transportation	project	0	€ -	€ -	-	-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Credit - Energy equipment	Credit	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ 17.680	78,2%		
<b>Balance of Equipment</b>							
Module support structure	m²	20,8	€ 12	€ 256	-	-	-
Inverter	kW AC	72,0	€ 29	€ 2.100	-	-	-
Other electrical equipment	kWp	2,72	€ -	€ -	-	-	-
System installation	kWp	2,72	€ 552	€ 1.500	-	-	-
Transportation	project	0	€ -	€ -	-	-	-
Other - Balance of equipment	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Credit - Balance of equipment	Credit	0	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ 3.856	17,1%		
<b>Miscellaneous</b>							
Training	p-h	6	€ -	€ -	-	-	-
Contingencies	%	5%	€ 21.536	€ 1.077	-	-	-
Sub-total :				€ 1.077	4,8%		
<b>Initial Costs - Total</b>				€ 22.613	100,0%		
<b>Annual Costs (Credits)</b>							
<b>O&amp;M</b>							
Property taxes/Insurance	project	0	€ -	€ -	-	-	-
O&M labour	p-h	0	€ -	€ -	-	-	-
Other - O&M	Cost	0	€ -	€ -	-	-	-
Credit - O&M	Credit	0	€ -	€ -	-	-	-
Contingencies	%	0%	€ -	€ -	-	-	-
Sub-total :				€ -	#DIV/0!		
<b>Annual Costs - Total</b>				€ -	#DIV/0!		
<b>Periodic Costs (Credits)</b>							
Inverter Repair/Replacement	Cost	2 yr	€ -	€ -	-	-	-
			€ -	€ -	-	-	-
			€ -	€ -	-	-	-
End of project life		-	€ -	€ -	-	-	-

[Go to GHG Analysis sheet](#)

**RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Photovoltaic Project**Use GHG analysis sheet? ☒ YesType of analysis: ☒ Standard**Background Information****Project Information**

Project name Murtosa  
Project location Monte

**Global Warming Potential of GHG**

1 tonne CH<sub>4</sub> = 21 tonnes CO<sub>2</sub> (IPCC 1996)  
1 tonne N<sub>2</sub>O = 310 tonnes CO<sub>2</sub> (IPCC 1996)

**Base Case Electricity System (Baseline)**

Fuel type	Fuel mix (%)	CO <sub>2</sub> emission factor (kg/GJ)	CH <sub>4</sub> emission factor (kg/GJ)	N <sub>2</sub> O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t <sub>CO2</sub> /MWh)
Coal	100,0%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Electricity mix	100,0%	293,8	0,0062	0,0093		8,0%	1,069

**Proposed Case Electricity System (Photovoltaic Project)**

Fuel type	Fuel mix (%)	CO <sub>2</sub> emission factor (kg/GJ)	CH <sub>4</sub> emission factor (kg/GJ)	N <sub>2</sub> O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t <sub>CO2</sub> /MWh)
Electricity system							
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	4,0%	0,000

**GHG Emission Reduction Summary**

	Base case GHG emission factor (t <sub>CO2</sub> /MWh)	Proposed case GHG emission factor (t <sub>CO2</sub> /MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reduction (t <sub>CO2</sub> )
Electricity system	1,069	0,000	3,961	4,23
			Net GHG emission reduction t <sub>CO2</sub> /yr	4,23

[Complete Financial Summary sheet](#)

## 9. ANÁLISE FINANCEIRA PARA OS PRIMEIROS 10MW NACIONAIS

RETScreen® Financial Summary - Photovoltaic Project

Annual Energy Balance					
Project name		Murtosa			
Project location		Monte	Nominal PV array power	KWp	2,72
Renewable energy delivered	MWh	4,127	Net GHG reduction	t <sub>co2</sub> /yr	4,29
Firm RE capacity	KW	-	Net GHG emission reduction - 25 yrs	t <sub>co2</sub>	105,92
Application type		On-grid			

Financial Parameters					
Avoided cost of energy	€/kWh		Debt ratio	%	75,0%
RE production credit	€/kWh	0,650	Debt interest rate	%	6,5%
RE production credit duration	yr	25	Debt term	yr	25
RE credit escalation rate	%	9,0%			
GHG emission reduction credit	€/t <sub>co2</sub>	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Energy cost escalation rate	%	5,0%			
Inflation	%	2,5%			
Discount rate	%	9,0%			
Project life	yr	25			

Project Costs and Savings					
Initial Costs			Annual Costs and Debt		
Feasibility study	0,0%	€ -	O&M	€ -	-
Development	0,0%	€ -	Fuel	€ -	-
Engineering	0,0%	€ -	Debt payments - 25 yrs	€	1.390
Energy equipment	79,2%	€ 17.690	Annual Costs and Debt - Total	€	1.390
Balance of equipment	17,1%	€ 3.856			
Miscellaneous	4,8%	€ 1.077	Annual Savings or Income		
Initial Costs - Total	100,0%	€ 22.613	Energy savings/income	€	-
Incentives/Grants	€	-	RE production credit income - 25 yr	€	2.682
			Annual Savings - Total	€	2.682
Periodic Costs (Credits)					
Inverter Repair/Replacement	€	-			
	€	-			
	€	-			
End of project life -	€	-			

Financial Feasibility					
Pre-tax IRR and ROI	%	29,6%	Calculate energy production cost?	yes/no	No
After-tax IRR and ROI	%	29,6%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	No
Simple Payback	yr	8,4			
Year-to-positive cash flow	yr	3,8	Project equity	€	5.653
Net Present Value - NPV	€	15.555	Project debt	€	16.960
Annual Life Cycle Savings	€	1.584	Debt payments	€/yr	1.390
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,75	Debt service coverage	-	1,99

Yearly Cash Flows			
Year	Pre-tax	After-tax	Cumulative
#	€	€	€
0	(5.653)	(5.653)	(5.653)
1	1.372	1.372	(4.281)
2	1.455	1.455	(2.826)
3	1.541	1.541	(1.285)
4	1.629	1.629	944
5	1.719	1.719	2.063
6	1.812	1.812	3.875
7	1.908	1.908	5.783
8	2.007	2.007	7.791
9	2.109	2.109	9.900
10	2.214	2.214	12.115
11	2.323	2.323	14.437
12	2.434	2.434	16.871
13	2.549	2.549	19.420
14	2.667	2.667	22.086
15	2.789	2.789	24.875
16	2.914	2.914	27.789
17	3.043	3.043	30.832
18	3.176	3.176	34.008
19	3.313	3.313	37.321
20	3.454	3.454	40.775
21	3.599	3.599	44.374
22	3.749	3.749	48.123
23	3.903	3.903	52.027
24	4.062	4.062	56.089
25	4.226	4.226	60.315

## 10. ANÁLISE FINANCEIRA DOS 10MW AOS 20MW NACIONAIS

RETScreen® Financial Summary - Photovoltaic Project

Annual Energy Balance					
Project name	Murtosa				
Project location	Monle		Nominal PV array power	KWp	2,72
Renewable energy delivered	MWh	4,127	Net GHG reduction	t <sub>CO2</sub> /yr	1,95
Firm RE capacity	KW	-	Net GHG emission reduction - 25 yrs	t <sub>CO2</sub>	48,63
Application type	On-grid				

Financial Parameters					
Avoided cost of energy	€/kWh	-	Debt ratio	%	75,0%
RE production credit	€/kWh	0,617	Debt interest rate	%	6,5%
RE production credit duration	yr	25	Debt term	yr	25
RE credit escalation rate	%	9,0%			
GHG emission reduction credit	€/t <sub>CO2</sub>	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Energy cost escalation rate	%	5,0%			
Inflation	%	2,5%			
Discount rate	%	9,0%			
Project life	yr	25			

Project Costs and Savings					
Initial Costs			Annual Costs and Debt		
Feasibility study	0,0%	€ -	O&M	€	-
Development	0,0%	€ -	Fuel	€	-
Engineering	0,0%	€ -	Debt payments - 25 yrs	€	1.390
Energy equipment	78,2%	€ 17.690	Annual Costs and Debt - Total	€	1.390
Balance of equipment	17,1%	€ 3.856			
Miscellaneous	4,8%	€ 1.077	Annual Savings or Income		
Initial Costs - Total	100,0%	€ 22.613	Energy savings/Income	€	-
Incentives/Grants	€	-	RE production credit income - 25 yr	€	2.546
Periodic Costs (Credits)			Annual Savings - Total	€	2.546
Inverter Repair/Replacement	€	-			
	€	-			
	€	-			
End of project life -	€	-			

Financial Feasibility					
Pre-tax IRR and ROI	%	27,3%	Calculate energy production cost?	yes/no	No
After-tax IRR and ROI	%	27,3%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	No
Simple Payback	yr	8,9			
Year-to-positive cash flow	yr	4,2	Project equity	€	5.653
Net Present Value - NPV	€	13.795	Project debt	€	16.960
Annual Life Cycle Savings	€	1.403	Debt payments	€/yr	1.390
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	9,44	Debt service coverage	-	1,99